

**DER REALTECHNISCHE DATENVERARBEITUNGSPROZESS
UNTER GESICHTSPUNKTEN
INDUSTRIELLER PRODUKTIONSPROZESSE**

Dissertation, vorgelegt der
Rechts- und Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät
der Johannes Gutenberg—Universität in Mainz
zur Erlangung des Grades eines Doktors der
Staatswissenschaften (Dr. rer. pol.).

vorgelegt von
Z. Harun Kiram
Dipl.-Ing., Dipl.-Volkswirt
aus Kornwestheim

1975



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554420_0085

Dissertationsdruck

Blasaditsch GmbH • 89 Augsburg 17 • Theodor-Heuß-Platz 3 • Telefon (0821) 51 85 63

**Der realtechnische Datenverarbeitungsprozeß
unter Gesichtspunkten
industrieller Produktionsprozesse**

**Dissertation, vorgelegt der
Rechts- und Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz
zur Erlangung des Grades eines Doktors der
Staatswissenschaften (Dr. rer. pol.).**

**vorgelegt von
Z. Harun Kiram
Dipl.-Ing., Dipl.-Volkswirt
aus Kornwestheim**



Erstberichter: Professor Dr. Dr. Theodor Ellinger

Zweitberichter: Professor Dr. Herbert Kargl

Tag der mündlichen Prüfung : 12. Februar 1975

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Einführung in die Problemstellung	1
I. Ablauf und Vorbereitung der Leistungs- prozesse von Datenverarbeitungsanlagen	10
I.1. Phasen im Ablauf von Leistungsprozessen der Datenverarbeitung	10
I.2. Grenzen im Ablauf der Phasen eines Leistungs- prozesses	21
I.3. Vorbereitungen und Vorbereitungsgrad für Leistungsprozesse von Datenver- arbeitungsanlagen	26
I.3.1. Materielle Vorbereitungen für den Da- tenverarbeitungsprozeß	27
I.3.2. Immaterielle Vorbereitungen für den Da- tenverarbeitungsprozeß	29
I.3.3. Allgemeine, spezielle und zusätzliche Vorbereitungen	30
II. Struktur und Verluste des Leistungsver- mögens von Datenverarbeitungsanlagen .	34
II.1. Quantitatives und qualitatives Lei- stungsvermögen von Datenverarbeitungs- anlagen	35
II.1.1. Deutung des quantitativen und qualita- tiven Leistungsvermögens	35
II.1.2. Das Problem der Ausnutzung quantitati- ven und qualitativen Leistungsvermögens	42
II.1.3. Das Reziprozitätsgesetz der Programmie- rung	44

II.1.4.	Einflüsse von Programmierqualität und Programmierdauer auf die Nutzung des Leistungsvermögens	47
II.2.	Grob- und Feinstruktur des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen . .	51
II.3.	Verluste einzelner Leistungskomponenten des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen	54
II.3.1.	Verluste durch alternativ auftretende Leistungskomponenten	55
II.3.2.	Verluste durch den Zwangsablauf des Programms	57
II.3.3.	Verluste durch den Auf- und Abbau externer dynamischer Einrichtungen	58
II.4.	Maßstabsfragen für die Bestimmung des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen	62
II.5.	Kennzahlen für das quantitative Leistungsvermögen von Zentraleinheiten . .	67
II.5.1.	Kennzahlen vom Typ des Gibson-Mix . . .	69
II.5.2.	Kennzahlen vom Typ des GAMM-Mix	70
II.5.3.	Weitere Kennzahlen und Meßmöglichkeiten	73
III.	Anpassungsvorgänge	
III.1.	Anpassungen bei Beschäftigungsveränderungen	80
III.2.	Anpassungen des Verfahrens auf der Basis des Reziprozitätsgesetzes der Programmierung	84
III.3.	Anpassungen durch Zusammenfassen bzw. Teilung von Prozessen oder Phasen . . .	87
III.3.1.	Anpassungen auf der Basis vom Typ 1 der Zusammenfassungen	89

	Seite
III.3.1.1. Die Zusammenfassung von Phasen der Datenruhe, insbesondere von Datenbeständen als Beispiel	90
III.3.1.2. Weitere Möglichkeiten der Zusammenfassung von Phasen	94
III.3.1.3. Grenzen von Zusammenfassungen durch ungleichförmige Anforderungen und Diskontinuitäten im Anpassungsvorgang	97
III.3.1.4. Die Grenze durch das Gesetz zunehmender Terminstarrheit bei zunehmender Anzahl von Zusammenfassungen	97
III.3.2. Anpassungen auf der Basis vom Typ 2 der Zusammenfassungen	102
III.3.2.1. Gliederungsmöglichkeiten der Hauptformen simultaner Mehrfachausnutzung	105
III.3.2.2. Kriterien und Probleme der Zusammenfassungen im Multiprogrammbetrieb mit Stapelverarbeitung	109
III.3.2.3. Kriterien und Probleme der Zusammenfassungen im Teilnehmer- oder Vielfachzugriffsbetrieb	112
III.3.2.4. Kriterien und Probleme der Zusammenfassungen im Teilhaberbetrieb	115
III.3.2.5. Zusammenfassungen vom Typ 2 als besondere Stufe der Automatisierung	118
III.3.3. Anpassungen auf der Basis vom Typ 3 der Zusammenfassungen	132
IV. Optimalwertkriterien und -probleme	135
IV.1. Zusammenfassungen gemäß Typ 1 als Problem der optimalen Vorbereitung	136
IV.2. Zusammenfassungen gemäß Typ 3 als artverwandtes Problem der optimalen Losgröße	143
IV.2.1. Optimale Zusammenfassungen gemäß Typ 3, dargestellt als zweidimensionales Problem	145

IV.2.2.	Modifizierung der zweidimensionalen Rechnung	155
IV.2.3.	Optimale Zusammenfassungen gemäß Typ 3, dargestellt als dreidimensionales Problem - Die Berücksichtigung des Informationscharakters von Daten	158
IV.2.4.	Optimale Stapelgrößen im Modell von Schulz	175
IV.3.	Wartezeit- und Reihenfolgeprobleme im Verlaufe von Datenverarbeitungsprozessen	183
IV.3.1.	Allgemeine Ursachen von Wartezeit- und Reihenfolgeproblemen und der grundsätzliche Aufbau dieser Probleme	183
IV.3.2.	Entstehung von Wartezeit- und Reihenfolgeproblemen bei Datenverarbeitungsprozessen	186
IV.3.3.	Zum Stand der Wartezeit- und Reihenfolgeprobleme bei Datenverarbeitungsprozessen	190
IV.4.	Probleme der Qualitätssicherung und Instandhaltung von Datenverarbeitungsanlagen	196
V.	Kennzahlen für die technische Nutzung von Datenverarbeitungsanlagen ohne simultane Programmverarbeitung	205
V.1.	Nutzungskennzahlen der Zentraleinheit .	207
V.2.	Prozeß- und periodenbezogene Belegungsgrade der Grobstruktur des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen	210
	- Der prozeßbezogene vollständige oder innere Belegungsgrad	
	- Der periodenbezogene vollständige oder innere Belegungsgrad	
	- Der prozeßbezogene äußere Belegungsgrad	
	- Der periodenbezogene äußere Belegungsgrad	
	- Der (periodenbezogene) Mietebelegungsgrad	

	Seite
V.3.	Planwerte für die prozeß- und perioden- bezogenen Kennzahlen 225
V.4.	Das Rechnen mit fiktiven Grundmieten . 227
VI.	Zahlenbeispiele 231
VI.1.	Zahlenbeispiele für den Aufbau statischer und dynamischer Einrichtungen . . 231
VI.2.	Zahlenbeispiele für den Zeitbedarf für verschiedene mechanisch und elektro- nisch bedingte Abläufe 237
VI.3.	Zahlenbeispiel zum Reziprozitätsgesetz der Programmierung 240
VI.4.	Zahlenbeispiel für Anpassungen von vorhandenem quantitativen Leistungsvermögen an gefordertes 245
VI.5.	Zahlenbeispiel für die Optimale Betriebs- und Historienperiode 246
VI.6.	Zahlenbeispiele für die Nutzungsstruktur von Datenverarbeitungsanlagen in Bezug auf die Zentraleinheit 248
VI.6.1.	Eine Untersuchung von P. Hofmann . . . 249
VI.6.2.	Eine Untersuchung von J. Diebold . . . 251
VI.6.3.	Eine Untersuchung von R.W. Fenske . . . 251
VI.6.4.	Eine Untersuchung von P.A. Samet . . . 253
VI.6.5.	Eine Untersuchung im Rechenzentrum eines Industriebetriebes 254
VI.7.	Zahlenbeispiele für den Gesamtnutzungsgrad GN und den Rüstzeitgrad RG 257
VI.8.	Zahlenbeispiele für die prozeß- und periodenbezogenen Belegungsgrade der Grobstruktur des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen 265

	Seite
VI.8.1. Prozeßbezogene vollständige oder innere und äußere Belegungsgrade	267
VI.8.2. Periodenbezogene vollständige oder in- nere und äußere Belegungsgrade sowie Mietebelegungsgrade	269
Anhang	A 1
Literaturverzeichnis	L 1

Einführung in die Problemstellung

Die vorliegende Arbeit ist aus der Aufgabe einer industriellen Organisationsabteilung entstanden, Kennzahlen für die Auslastung von Datenverarbeitungsanlagen zu entwickeln. Dabei war für die Kennzahlen gefordert,

- daß sie für Datenverarbeitungsanlagen verschiedener Hersteller und mit verschiedener Ausstattung verwendet werden können, um Vergleiche der Auslastung zwischen einzelnen Datenverarbeitungsanlagen zu ermöglichen,
- daß sie laufend relativ leicht den Stand der Auslastung einer Datenverarbeitungsanlage erkennen lassen,
- daß sie einen vertretbaren Kompromiß darstellen zwischen dem Aufwand ihrer Ermittlung und der Genauigkeit ihrer Aussage.

Diese Kennzahlen sollten den Grad der Realisierung des Wirtschaftlichkeitsprinzips in seiner Form der Mittelmimierung beim Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen aufzeigen.¹⁾

Die Forderung nach Kennzahlen und nach Meßmöglichkeiten der Auslastung von Datenverarbeitungsanlagen ist legitimes Anliegen der Unternehmensleitung, und das Bemühen um ein Verständnis quantitativer Zusammenhänge beim Daten-

1) Datenverarbeitungsanlagen bilden häufig den kostenmäßig bedeutendsten Ausschnitt aus dem realtechnischen Mitteleinsatz für die Informationsgewinnung, -verarbeitung und -weiterleitung in den Unternehmungen. Mit fortschreitender Entwicklung der Automation auf organisatorischem Gebiet wächst der Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen kostenmäßig, und eine Kontrolle der Auslastung dieser Sachmittel gewinnt an Bedeutung. Vgl. dazu die regelmäßigen statistischen Veröffentlichungen der Unternehmensberatung J. Diebold in den verschiedenen Computer-Zeitschriften über den kostenmäßig ständig wachsenden Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen in Deutschland.

Zur Bedeutung dieser Entwicklung mit ihren Auswirkungen auf die Unternehmungen vgl.

G r o c h l a , E.: Automation und Organisation - Die technische Entwicklung und ihre betriebswirtschaftlich-organisatorischen Konsequenzen, Wiesbaden 1966.

verarbeitungsprozeß ist nicht neu.¹⁾ Wie Grochla feststellt, wird das Leistungspotential des Sachmittels Datenverarbeitungsanlage zur Zeit bei weitem nicht ausgeschöpft.²⁾ Auch ist der Einsatz der Anlagen häufig nicht mit besonderem wirtschaftlichen Erfolg verbunden³⁾, wenn

- 1) Vgl. dazu das bereits 1963 erschienene Buch von B r a n d o n , D.H.: Management Standards for Data Processing, Toronto - New York - London 1963.
- 2) G r o c h l a , E.: Die Gestaltung allgemeingültiger Anwendungsmodelle für die automatische Informationsverarbeitung in Wirtschaft und Verwaltung, in: Elektronische Datenverarbeitung, Jg. 12 (1970), H. 2, S. 49 - 55, hier S. 49. - Grochla sieht den Hauptgrund für diesen Tatbestand darin, daß der Computer vorwiegend zur Verarbeitung von Massendaten im Rahmen von Abrechnungsaufgaben eingesetzt wird. "Von der Möglichkeit, darüber hinaus auch Planungsaufgaben mit Hilfe von EDV-Anlagen durchzuführen, wird hingegen noch zu wenig Gebrauch gemacht", weil hierfür in den meisten Fällen noch die notwendige organisatorische Konzeption fehlt (S. 49).
Vgl. auch
G r o c h l a , E.: Die Computer werden schlecht genutzt. Interview mit Erwin Grochla, in: Der Volkswirt, Jg. 22 (1968), Nr. 22, S. 35 - 36.
- 3) Das geht unter anderem aus zwei Untersuchungen der McKinsey & Company aus den Jahren 1962 und 1968 hervor.
M c K i n s e y & C o m p a n y (Hrsg.): Getting the Most out of Your Computer. A Survey of Company Approaches and Results. Abdruck der autorisierten deutschen Übersetzung in: ZfB, Jg. 34 (1964), H. 1, mit dem Titel: Der optimale Einsatz elektronischer Datenverarbeitungsanlagen. (ZfB s. Abkürzungen im Anhang).
M c K i n s e y & C o m p a n y (Hrsg.): Der Computereinsatz - ungenutztes Gewinnpotential. Untersuchungsergebnisse für die Unternehmensleitung. New York - Düsseldorf u.a. 1968.
Nach der älteren Untersuchung hatten von 27 Unternehmen mit mindestens vier Jahren Computer-Erfahrung 18 Unternehmen keine meßbaren Kostensenkungen und keine sonstigen Verbesserungen im betrieblichen Ablauf erzielt. Einige der 18 Unternehmen mußten sogar Kostensteigerungen durch den Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen verzeichnen. Lediglich 9 Unternehmen erzielten Kosteneinsparungen und andere Verbesserungen im betrieblichen Ablauf, beispielsweise durch die vom Computer schneller und besser erarbeiteten Informationen.
Vgl. dazu auch den Bericht einer deutschen Studien-
gruppe in den USA:
(Forts. d. Anm. auf S. 3)

man den Erfolg u.a. an der Relation der Kosten für das durch den Datenverarbeitungsprozeß abgelöste Verfahren zu den Kosten des Datenverarbeitungsprozesses mißt.¹⁾

Zu den wichtigsten Gründen für die geringe Ausschöpfung des Leistungspotentials von Datenverarbeitungsanlagen gehört der, daß Forschung und Ausbildung noch nicht den entsprechenden Stand erreicht haben²⁾, um in den Unter-

(Forts. d. Anm. 3 von S. 2):

EDV-Schriftenreihe Nr. 244: Die elektronische Datenverarbeitung, Forschung - Anwendung - Ausbildung. Berlin 1964, S. 17 ff., und

H a r t m a n n , B.: Betriebswirtschaftliche Grundlagen der automatisierten Datenverarbeitung, 3. Aufl., Freiburg i.Br. 1961, S. 66.

- 1) Nach Schmalenbach gibt es im Grunde nur drei Wahlvorgänge, d.h. Vergleiche: "Kosten gegen Kosten / Nutzen gegen Nutzen / Kosten gegen Nutzen".
S c h m a l e n b a c h , E.: Pretiale Wirtschaftsklenkung, Bd. 1, Bremen-Horn - Bielefeld - Frankfurt - Hamburg - Hannover - Kiel 1947, S. 18. - Diese Vergleiche setzen jedoch voraus, daß auch eine Vergleichbarkeit der betrachteten Objekte oder Verfahren möglich ist. Im Falle der Datenverarbeitungsprozesse bedeutet dies, daß gleiche Prozeßergebnisse im alten wie auch im neuen Verfahren vorliegen. Diese Prämisse stimmt jedoch nur selten. Daher gelten Aussagen über die Wirtschaftlichkeit von Datenverarbeitungsanlagen häufig nur mit Einschränkungen.

Zur Problematik der Wirtschaftlichkeitsrechnung beim Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen vgl. auch
B o t t l e r , J., H o r v á t h , P., K a r g l , H.: Methoden der Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Datenverarbeitung, München 1972, und besonders
S z y p e r s k i , N.: Abgrenzung und Verknüpfung operationaler, dispositionaler und strategischer Wirtschaftlichkeitsstufen, in: Grochla, E. (Hrsg.): Die Wirtschaftlichkeit automatisierter Datenverarbeitungssysteme, Wiesbaden 1970, S. 49 - 61.

Zur Problematik der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung generell vgl.

K o s i o l , E. (Hrsg.): Handwörterbuch des Rechnungswesens, Stuttgart 1970, Stichworte: Wirtschaftlichkeit, Wirtschaftlichkeitsmessung, Messung und Bewertung.

- 2) Vgl. dazu

B a l d u s , Th., G r o c h l a , E.: Memorandum - Anwendungssysteme für die automatisierte Datenverarbeitung - Die Lücke in Forschung und Ausbildung in der Bundesrepublik Deutschland. Veröffentlicht u.a. in: BTA, Jg. 9 (1968), H. 5, S. 230 - 240.

(Forts. d. Anm. auf S. 4)

nehmungen die notwendigen organisatorischen Konzeptionen reifen zu lassen. Daneben ist als Grund für die relativ ungünstige wirtschaftliche Nutzung von Datenverarbeitungsanlagen zu erwähnen, daß für den täglichen Ablauf der Datenverarbeitungsprozesse häufig keine zweckentsprechende Arbeitsvorbereitung und keine Maschinenbelegungsplanung existiert¹⁾, wie sie jeder gut geführte Industriebetrieb zur bestmöglichen Nutzung seiner Produktionskapazitäten besitzt. Es verwundert daher nicht, wenn die Technizität des Sachmittels Datenverarbeitungsanlage weit hinter den Erwartungen zurückbleibt, die man bei Installation des Aggregates hegte.

Die Diskussion um Meßmöglichkeiten der Leistungsfähigkeit und um Kennzahlen zur Bestimmung der technischen Nutzung von Datenverarbeitungsanlagen hat in jüngster Zeit von wissenschaftlicher Seite neue Impulse erhalten.²⁾ Ebenso

(Forts. d. Anm. 2 von S. 3):

B a l d u s , Th., G r o c h l a , E., N a g e l , G.: Zweites Memorandum - Betriebsinformatik und Wirtschaftsinformatik als notwendige anwendungsbezogene Ergänzung einer Allgemeinen Informatik - Vorschläge zur Verbesserung der akademischen Ausbildung auf dem Gebiet der automatisierten Datenverarbeitung in der Bundesrepublik Deutschland. Veröffentlicht u.a. in: BTA, Jg. 10 (1969), H. 7, S. 366 - 370, sowie G r o c h l a , E.: Die Zukunft der automatisierten Datenverarbeitung - eine Herausforderung an Forschung und Ausbildung, in: adl-Nachrichten, Jg. 14 (1969), H. 55, S. 370 - 380; L u t t e r b e c k , E.: Das Förderungsprogramm 'Datenverarbeitung' der Bundesrepublik, in: ZfD, Jg. 7 (1969), H. 8, S. 552 - 557, und Jg. 8 (1970), H. 2, S. 83 - 93. Vgl. auch G r o c h l a , E., S z y p e r s k i , N., S e i b t , D.: Ausbildung und Fortbildung in der automatisierten Datenverarbeitung. Eine Gesamtkonzeption. München - Wien 1970.

- 1) F u t h , H., in der Einleitung zu: K a t z s c h , R.: Maschinenzeitplanung und Maschinenzeitauswertung im Rechenzentrum, in: ZfD, Jg. 8 (1970), H. 3, S. 148 - 154, hier S. 148.
- 2) K ü m m e r l e , K.: Charakteristische Größen zur Beschreibung der Leistungsfähigkeit und Effektivität von EDV-Anlagen, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 14 (1972), H. 1, S. 12 - 18.

ist die Diskussion um Meßergebnisse aus der Unternehmenspraxis beim Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen durch einen Bericht der Unternehmensberatung A.T. Kearney¹⁾ neu angefacht worden. Während in der letztgenannten Veröffentlichung den Unternehmungen in der Bundesrepublik Deutschland, die Datenverarbeitungsanlagen einsetzen, aufgrund der ermittelten Kennzahlen vorgehalten wird, erhebliche Überkapazitäten in ihren Datenverarbeitungsanlagen zu haben, lesen die Kritiker der Veröffentlichung aus denselben Kennzahlen eine relativ hohe Ausnutzung der vorhandenen Kapazitäten heraus.²⁾

Die Aussage derartiger Kennzahlen erweist sich also als abhängig von der Interpretation und der kritisch logischen Analyse des jeweiligen Tatbestandes.³⁾ Entsprechend äußern sich manche Autoren mit Recht kritisch über die Anwendungsmöglichkeiten von Kennzahlen.⁴⁾

1) K e a r n e y , A.T. (Hrsg.): Milliarden werden verschwendet, in: Manager-Magazin, September 1972.

2) So die Redaktion der adl-Nachrichten in einer Rezension des betreffenden Artikels.
O.V.: Die große Verschwendung, genannt EDV, in: adl-Nachrichten, 76/72, Heft September/Oktober, S. 3.
Ähnlich die Rezension in der Zeitschrift bit.
O.V.: Der Computer-Verriß, in: bit, Oktober 1972.

3) K e n n e d y , R.D., M c M u l l e n , St.Y.: Financial Statements, 4. Aufl. Homewood, III, 1962, S. 340: "The ratios in no way take the place of 'thinking' on the part of the analyst."

4) So sieht Heinen einen besonders schweren Mangel der Kennzahlen gegeben, wenn sie zur Zielvorgabe dienen, weil ausschließlich Zielkomponenten der Klasse quantifizierbarer Imperative durch Kennzahlen erfaßbar sind. Vgl. H e i n e n , E.: Das Zielsystem der Unternehmung - Grundlagen betriebswirtschaftlicher Entscheidungen, Wiesbaden 1966, S. 221 ff.
Kritisch äußert sich auch Scheuing über die Anwendung von Kennzahlen, ohne jedoch ihre Nützlichkeit in verschiedenen Fällen zu bestreiten.
S c h e u i n g , E.: Unternehmensführung mit Kennzahlen, Baden-Baden - Bad Homburg v.d.H. 1967, S. 34.
Auf Grenzen in der Aussage von Kennzahlen und auf Fehlerquellen bei Kennzahlen weist insbesondere auch Staehle hin mit einem kurzen Fehlerkatalog.
(Forts. d. Anm. auf S. 6)

Auch im Verlaufe der vorliegenden Untersuchung zeigte sich, daß Kennzahlen einerseits einer Interpretation bedürfen und daß es andererseits häufig nicht nur einen Blickwinkel für die Bildung von Kennzahlen der Auslastungssituation von Datenverarbeitungsanlagen gibt. Je mehr Blickwinkel gewählt werden, umso mehr Kennzahlen ergeben sich.

Mit wachsender Anzahl von Kennzahlen läßt sich die Situation der Auslastung detaillierter beschreiben. Im gleichen Maße entsteht jedoch auch ein Konkurrenzproblem zwischen den einzelnen Kennzahlen. Der vordergründig erweck-

(Forts. d. Anm. 4 von S. 5):

S t a e h l e , W.H.: Kennzahlen und Kennzahlensysteme als Mittel der Organisation und Führung von Unternehmen, Wiesbaden 1969, S. 66 f.

Wenig kritisch sieht Schott das Problem der Kennzahlen bei ihrer Anwendung. Er warnt lediglich vor der Vielzahl von Kennzahlen.

S c h o t t , G.: Kennzahlen - Kompaß des Unternehmens, Stuttgart 1965, S. 15.

Verwiesen sei in diesem Zusammenhang noch auf die folgenden Veröffentlichungen, die sich mit der Darstellung und Erläuterung verschiedener Kennzahlen und ihrer Probleme beschäftigen.

A n t o i n e , H.: Kennzahlen, Richtzahlen, Planungs- zahlen, 2. Aufl., Wiesbaden 1958.

G r a f , A., H u n z i k e r , A., S c h n e e r e r , F.: Betriebsstatistik und Betriebsüberwachung, 2. Aufl., Stuttgart 1961.

N o w a k , P.: Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, in: Handbuch der Wirtschaftswissenschaften, Bd. 1: Betriebswirtschaft, hrsg. v. K. Hax und Th. Wessels, 2. Aufl., Köln - Opladen 1966, S. 701 - 726.

S c h e n k , H.: Die Betriebskennzahlen, Begriff, Ordnung und Bedeutung für die Betriebsbeurteilung, Leipzig 1939.

S c h n e t t l e r , A.: Betriebsanalyse, 2. Aufl., Stuttgart 1960.

S c h n e t t l e r , A.: Betriebsvergleich, 3. Aufl., Stuttgart 1961.

S c h u l z - M e h r i n , O.: Betriebswirtschaftliche Kennzahlen als Mittel zur Betriebskontrolle und Betriebsführung, Berlin 1960.

V i e l , J.: Betriebs- und Unternehmensanalyse, 2. Aufl., Köln - Opladen 1958.

W i s s e n b a c h , H.: Betriebliche Kennzahlen und ihre Bedeutung im Rahmen der Unternehmerentscheidung, Berlin 1967.

te Eindruck einer objektiven Darstellung der Auslastungssituation durch eine wachsende Anzahl von Kennzahlen täuscht den Betrachter, denn er wird häufig dazu verleitet, unter Umständen sogar aus der Entscheidungssituation des praktischen Falles dazu gezwungen, die einzelnen Kennzahlen in eine zumindest ordinale Rangfolge zu bringen. Je mehr Kennzahlen zur Beschreibung einer Situation zur Verfügung stehen, umso mehr Alternativen subjektiver Rangfolgen lassen sich bilden. Genauigkeit in der Beschreibung und Objektivität in der Beurteilung scheinen unter den genannten Bedingungen miteinander unvereinbare Zielsetzungen zu sein.

Trotz aller genannten Mängel ist es nicht verfehlt, Kennzahlen zu bilden und sie unter Beachtung der genannten Einschränkungen zur näherungsweise Kennzeichnung und Analyse der im Blickpunkt stehenden Situation zu verwenden.¹⁾ Kennzahlen sind insbesondere auch dann gerechtfertigt, wenn sie nicht nur die Basis zu einer Analyse der Situation, sondern auch die Basis für Maßnahmen zur Verbesserung der Gegebenheiten bilden können. Eine derartige Basis können Kennzahlen jedoch nur dann bilden, wenn die Gesetzmäßigkeiten, die der beleuchteten Situation innewohnen, bekannt sind.

Im Verlaufe der Untersuchung wurde es aus dem letztgenannten Grunde notwendig, den realtechnischen Datenverarbeitungsprozeß in seinem Ablauf zu analysieren, um diese Gesetzmäßigkeiten sichtbar zu machen. Die dabei vorgefun-

1) So dienen Kennzahlen insbesondere zur Analyse des Betriebsgebarens und zum innerbetrieblichen sowie zum zwischenbetrieblichen Vergleich. Hier werden auch vorwiegend Kennzahlen verwendet. Vgl. beispielsweise die von Staehle zitierten Kennzahlensysteme von DuPont zur Finanzsteuerung des Unternehmens oder das Managerial Control Concept von Tucker sowie die Pyramid Structure of Ratios (Großbritannien) und andere. Staehle, W.H.: Kennzahlen und Kennzahlensysteme ..., a.a.O., S. 69 ff. Vgl. auch Kern, W.: Kennzahlensysteme als Niederschlag interdependenter Unternehmensplanung, in: ZfbF, Jg. 23 (1971), S. 701 - 718.

denen Probleme erwiesen sich vielfach als gleichartig wie die industrieller Produktionsprozesse. Daraus folgten in verschiedenen Fällen Kongruenzen zwischen Optimalwertproblemen des realtechnischen Datenverarbeitungsprozesses und des Produktionsprozesses.¹⁾ Für die Behandlung dieser Probleme im Rahmen der Zielsetzung reichte häufig das bekannte Instrumentarium der Industriebetriebslehre für Produktionsprozesse aus.

Damit verlagerte sich die Problemstellung während der Untersuchung in zunehmendem Maße. Die Entwicklung zweckmäßiger Kennzahlen trat in den Hintergrund und die Durchleuchtung des realtechnischen Datenverarbeitungsprozesses sowie die Bestimmung einiger seiner wesentlichen Gesetzmäßigkeiten unter Gesichtspunkten industrieller Produktionsprozesse gewannen an Bedeutung.

Es zeigte sich deutlich, daß der formale Datenverarbeitungsprozeß, bestehend aus " ... Operationen mit Objekten der Idealsphäre ..." ²⁾, in seinem zeitlichen Ablauf von den Gesetzmäßigkeiten des realtechnischen Prozesses bestimmt, insbesondere begrenzt wird. Dieser nicht unbedeutende Einfluß der Realtechnik auf den formalen Datenverarbeitungsprozeß wird so lange wirksam bleiben, solange Informationen in ihrem Vorhandensein und Wirksamwerden an Materie gebunden bleiben.³⁾

1) Ähnliche Kongruenzen, jedoch zwischen sog. Software-Systemen (im Gegensatz und zur Ergänzung des Hardware-Systems) der Datenverarbeitung und organisatorisch-betriebswirtschaftlichen Systemen zeigt Seibt in seiner Untersuchung über die Gestaltung von Software-Systemen auf.

Seibt, D.: Organisation von Software-Systemen, Wiesbaden 1972, S. 76 ff. Bei der Gestaltung von Software-Systemen handelt es sich nach Seibt um den Tatbestand des Organisierens. Elemente und Strukturen von Software-Systemen lassen sich mit dem Begriffsapparat der betriebswirtschaftlichen Organisationslehre beschreiben, und ihre Prinzipien können sinnvoll auf die Gestaltung von Software-Systemen angewendet werden.

2) Grochla, E.: Automation und Organisation ..., a.a.O., S. 67.

3) Siehe S. 9.

Hierzu sei noch angemerkt, daß die Ergebnisse von Vergleichen zwischen industriellem Produktionsprozeß und Datenverarbeitungsprozeß, das Finden von Gleichartigkeiten oder Verschiedenheiten in erster Linie von der Wahl des Abstraktionsgrades der Betrachtung bestimmt werden. Je höher der Abstraktionsgrad gewählt wird, umso eher finden sich Berührungspunkte und gemeinsame Gesetzmäßigkeiten.

Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit werden der realtechnische Datenverarbeitungsprozeß in seinem Ablauf und die notwendigen Vorbereitungen für ihn untersucht. Das zweite Kapitel wendet sich dem realtechnischen Leistungsvermögen, den Leistungsverlusten und den bekannten Meßmöglichkeiten des Leistungsvermögens zu. Das dritte Kapitel behandelt Anpassungsfragen zwischen realtechnisch gefordertem und realtechnisch vorhandenem Leistungsvermögen. Die in den ersten drei Kapiteln festgestellten realtechnischen Gegebenheiten führen zu Fragen der optimalen Gestaltung von Vorbereitungen und Abläufen von Datenverarbeitungsprozessen, denen das vierte Kapitel gewidmet ist. Ein Kennzahlensystem zur Kontrolle der Ausnutzung von Datenverarbeitungsanlagen unter realtechnischen Gesichtspunkten findet im fünften Kapitel seinen Niederschlag. Dabei wird unter Kennzahl nur eine Verhältniszahl verstanden, die in jedem Falle dimensionslos ist und nur Werte im Bereich von 0 bis + 1 maximal annehmen kann.¹⁾

Anm. 3 von S. 8:

Vgl. dazu

S z y p e r s k i , N.: Analyse der Merkmale und Formen der Büroarbeit, in: Bürowirtschaftliche Forschung, hrsg. von E. Kosiol, Berlin 1961, S. 96, und ähnlich S e i b t , D.: Organisation von Software-Systemen, a.a.O., S. 23.

- 1) Der Begriff Kennzahl wird in der Literatur unterschiedlich abgegrenzt. So verstehen beispielsweise Mellerowicz, Schulz-Mehrin und Wissenbach wie auch andere unter Kennzahlen nur Verhältniszahlen, während beispielsweise Nowak, Heinen, Staehle und Vodrazka neben anderen auch bei absoluten Zahlen von Kennzahlen sprechen, " ... wenn sie sich auf betriebswirtschaftlich wichtige Tatbestände beziehen und diese in konzentrierter Form ... zur Darstellung bringen" (Nowak, s.u.).
(Forts. der Anm. auf S. 9 a.)

Den Abschluß bildet das sechste Kapitel mit Meßergebnissen von Herstellern, Anwendern und verschiedenen Autoren sowie aus Untersuchungen des Verfassers, um die praktische Bedeutung der Untersuchungsergebnisse aus Kapitel I bis V sichtbar zu machen.

(Forts. d. Anm. 1 von S. 9):

- M e l l e r o w i c z , K.: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Bd. IV, 12. Aufl., Berlin 1968, S. 129.
S c h u l z - M e h r i n , O.: Betriebswirtschaftliche Kennzahlen ..., a.a.O., S. 11.
W i s s e n b a c h , H.: Betriebliche Kennzahlen ..., a.a.O., S. 33.
N o w a k , P.: Betriebswirtschaftliche Kennzahlen ..., a.a.O., S. 704.
H e i n e n , E.: Das Zielsystem ..., a.a.O., S. 219.
S t a e h l e , W.H.: Kennzahlen und Kennzahlensysteme ..., a.a.O., S. 49 f.
V o d r a z k a , K.: Betriebsvergleich, Stuttgart 1967, S. 28 - 29.

I. ABLAUF UND VORBEREITUNG DER LEISTUNGSPROZESSE VON DATENVERARBEITUNGSANLAGEN

I.1. Phasen im Ablauf von Leistungsprozessen der Daten- verarbeitung

Ausgangspunkte für die Betrachtung der Leistungsprozesse von Datenverarbeitungsanlagen sind die geistigen Funktionen, wie wir sie auch beim Menschen beobachten, die " ... Aufnahme, Verarbeitung, Speicherung und Abgabe von Informationen"¹⁾ bzw. Daten. Jede dieser Funktionen stellt einen Abschnitt im gesamten Ablauf des menschlichen Datenverarbeitungsprozesses dar.

Das Phänomen der Datenverarbeitung ist jedoch nicht auf den einzelnen Menschen und die einzelne Datenverarbeitungsanlage beschränkt; es tritt ebenso für organisatorische Einheiten, wie beispielsweise gesamte Unternehmen, auf, die als Ganzes Daten aufnehmen, verarbeiten, speichern und wieder abgeben.²⁾

Adam erläutert das Phänomen Datenverarbeitung u.a. durch Darlegung seiner einzelnen Abschnitte, die er als zeitliche, örtliche und sachliche Umwandlung von Primärnachrichten in Gebrauchsnachrichten bezeichnet. Dabei gilt als zeitliche Umwandlung die Datenspeicherung, als örtliche Umwandlung der Datentransport und

- 1) S t e i n b u c h , K.: Automat und Mensch, 3. Aufl., Berlin - Heidelberg - New York 1965, S. 2.
- 2) K r a m e r , R.: Die betriebswirtschaftliche Bedeutung von Information und Kommunikation, insbesondere für die Struktur des Betriebes, Diss. Mannheim 1962, S. 93, und K r a m e r , R.: Information und Kommunikation. Betriebswirtschaftliche Bedeutung und Einordnung in die Organisation der Unternehmung, in: E. Kosiol und E. Grochla (Hrsg.): Betriebswirtschaftliche Forschungsergebnisse, Bd. 23, Berlin 1965, S. 82 ff.
K o s i o l , E.: Die Unternehmung als wirtschaftliches Aktionszentrum - Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, in: E. Grassi (Hrsg.): rowohlts deutsche enzyklopädie, Bd. 256/257, Reinbek bei Hamburg 1966, S. 175 ff.

als sachliche Umwandlung die Datenverarbeitung im engeren Sinne. Sachliche Umwandlung ist bei Adam die logische Verknüpfung von Daten, durch die Primärnachrichten im eigentlichen Sinne erst zu Gebrauchsnachrichten werden.¹⁾²⁾ Jede dieser drei Umwandlungen kann als Abschnitt, Teil oder Phase des gesamten Leistungsprozesses der Datenverarbeitung angesehen werden.

Alle genannten Funktionen werden von verschiedenen Autoren mit zum Teil unterschiedlicher Abgrenzung - die sich aus der Sicht auf die Datenverarbeitungsanlage oder auf das gesamte Unternehmen und seinen Informationsstrom ergibt - als Phasen der Datenverarbeitung oder als Phasen im betrieblichen Informationsstrom bezeichnet und in einigen Fällen mit den Realphasen betrieblicher Leistungserstellung und -verwertung verglichen. So beispielsweise bei Kramer³⁾ und Kosiol⁴⁾. Kosiol spricht dabei von "Aktionsphasen des Informationsstromes". Gemeinsamkeiten von Realgüterstrom und Informationsstrom gestatten es trotz mancher Unterschiede zwischen beiden Strömen, das von Kosiol " ... beim Realgüterstrom zugrunde gelegte Fünf-Phasen-Schema auch analog auf den Informationsstrom anzuwenden".⁴⁾ Die fünf Phasen im Realgüterstrom sind: Beschaffung von Realgütern, Vorlagerung, Verarbeitung (bzw. Transformation), Nachlagerung und Absatz. Diesen fünf Phasen im Realgüterstrom entsprechen im Informationsstrom:

- 1) A d a m , A.: Systematische Datenverarbeitung bei der Auswertung von Versuchs- und Beobachtungsergebnissen, in: Unternehmensforschung für die Wirtschaftspraxis, Hrsg. A. Adam, Würzburg 1963, S. 7 ff.
- 2) Vgl. auch N i e d e r b e r g e r , A.: Leistungsanalyse elektronischer Rechenanlagen, Hamburg - Berlin 1963. Niederberger spricht, wenn er digitale Rechenanlagen meint, aus diesem Grunde häufig von Informationswandlern. So auf den Seiten 15 ff oder 25, insbesondere S. 26 ff.
- 3) K r a m e r , R.: Die betriebswirtschaftliche Bedeutung ..., a.a.O., S. 93, und K r a m e r , R.: Information und Kommunikation ..., a.a.O., S. 82 ff.
- 4) K o s i o l , E.: Die Unternehmung als wirtschaftliches Aktionszentrum ..., a.a.O., S. 175 ff.

Datenaufnahme, Vorspeicherung, Verarbeitung (bzw. Transformation), Nachspeicherung, Datenabgabe.

Adam spricht sogar von Informationsgütern, die im Datenverarbeitungsprozeß entstehen, und deutet darauf hin, daß auch der Informationsbeschaffungs- und Informationsveredelungsbetrieb über die wesentlichen Eigenschaften eines stoffverarbeitenden Industriebetriebes in technischer und verwaltungsmäßiger Hinsicht verfügt.¹⁾²⁾

Schweiker begründet die Vergleichbarkeit zwischen den Realphasen betrieblicher Leistungserstellung und -verwertung und den Phasen im betrieblichen Informationsstrom damit, " ... daß eine Phasenbetrachtung reine Funktionsbetrachtung ist, die das Objekt der Aufgabenerfüllung in den Hintergrund treten läßt".³⁾

- 1) A d a m , A.: Messen und Regeln in der Betriebswirtschaft - Einführung in die informationswissenschaftlichen Grundzüge der industriellen Unternehmensforschung, Würzburg 1959, S. 12.
- 2) Als eine weitere, jedoch speziell auf den Informationen verarbeitenden Prozeß bezogene Gliederung von Funktionen seien die von Müller angeführt.
M ü l l e r , W.: Die Analyse der Büroarbeit als Voraussetzung für die zweckmäßige Wahl und Verwertung von Büromaschinen. Diss. Darmstadt 1952.
Müller führt als Elementarfunktionen an die Aufnahme-, Wiedergabe-, Speicher- und Transportfunktion (S. 42 ff.) und als zusammengesetzte Funktionen das Übertragen, Vergleichen, Sichern, Ordnen, Addieren und Buchen (S. 70 ff.). So besteht das Übertragen aus den drei Elementarfunktionen: Aufnehmen, Transportieren und Wiedergeben (S. 70).
Vgl. dazu auch die Sicht von Szyperski, der eine Dreiteilung der Büroarbeit darlegt als Fixieren, Übermitteln und Auswerten, wozu als Untergruppen das Aufbereiten und Auswählen gehören.
S z y p e r s k i , N.: Analyse der Merkmale und Formen der Büroarbeit, in: E. Kosiol (Hrsg.): Bürowirtschaftliche Forschung, Veröffentlichung des Instituts für Industrieforschung der Freien Universität Berlin, Bd. 13, Berlin 1961, S. 75 - 132, hier S. 99.
- 3) S c h w e i k e r , K.: Grundlagen einer Theorie betrieblicher Datenverarbeitung, Bd. 2 der Schriftenreihe des Betriebswirtschaftlichen Instituts für Organisation und Automation an der Universität zu Köln, hrsg. von E. Grochla, Wiesbaden 1966, S. 78. Vgl. auch
S c h w e i k e r , K.: Datenverarbeitung (Stichwort), in: HWO, Hrsg. E. Grochla, Stuttgart 1969, Sp. 385 - 399, insbesondere Sp. 393 f.

So besteht beispielsweise das Phasenmodell von Schweiker¹⁾, das mit den anderen genannten Phasenbetrachtungen vergleichbar ist, aus der Phase der Datenspeicherung oder Datenruhe, den Phasen der Datenbewegung, bestehend aus der Datenaufnahme, der Datenabgabe und dem Datentransport, sowie der Phase der Datenverarbeitung oder Datentransformation.²⁾ Die Abgrenzung der einzelnen Phasen, ihr Beginn und ihr Ende, ist in gewisser Hinsicht willkürlich. So kann man die Phase der Datenaufnahme einer Datenverarbeitungsanlage beginnen lassen bei der Übernahme der Daten aus einem externen³⁾ Speicher durch Rezeptoren⁴⁾ der An-

1) S c h w e i k e r , K.: Grundlagen ..., a.a.O., S. 79 - 101.

2) Für den Vorgang 'Verarbeitung' werden in der Literatur nicht einheitliche Ausdrücke verwendet bzw. werden dem Wort Verarbeitung unterschiedliche Inhalte zugeordnet. Der eingangs erläuterte Datenverarbeitungsbegriff von Adam erwies sich als sehr umfangreich. Anders grenzt Pietzsch ab.

P i e t z s c h , J.: Die Information in der industriellen Unternehmung - Grundzüge einer Organisations-theorie für elektronische Datenverarbeitung. Veröffentlichung der Schmalenbach-Gesellschaft, Bd. 35, Köln - Opladen 1964, S. 37 ff.

Pietzsch versteht unter dem Begriff Verarbeitung alle Zuordnungs- und Sortiervorgänge sowie Rechenoperationen. Dagegen werden von ihm alle Datenübertragungen von einem Datenträger auf den anderen als Transformation bezeichnet, ein Ausdruck, der bei Schweiker für den Verarbeitungsprozeß im engeren Sinne verwendet wird.

3) Es wird im folgenden unterschieden zwischen der Zentraleinheit und den peripheren Einheiten einer Datenverarbeitungsanlage. Zu den peripheren Einheiten gehören beispielsweise Magnetband-, Magnetplatten-, Lochkartenlese- und Schnelldruckaggregate. Zu den peripheren Aggregaten hat die Zentraleinheit einen durch das Programm gesteuerten Zugriff. - Periphere Aggregate, die der Datenspeicherung dienen, werden häufig auch als externe Speicher bezeichnet. In der vorliegenden Arbeit ist jedoch der Ausdruck externer Speicher nur für solche Speicher verwendet, zu denen die Datenverarbeitungsanlage keinen durch das Programm gesteuerten Zugriff hat, beispielsweise abgelegte Lochkarten oder Magnetbänder. Vgl.

M e i n h o l d , J. u. v. (Hrsg.): Fachbegriffe der Programmiertechnik, 2. Aufl., München 1962, (Forts. d. Anm. 3 und Anm. 4 auf S. 14)

lage. Die Phase der Datenaufnahme kann enden mit der Abbildung der aufgenommenen Daten in der Zentraleinheit, insbesondere im Hauptspeicher¹⁾ oder auf einem peripheren Speicher, zum Beispiel einem Magnetband oder einer Magnetplatte, zu dem die Anlage einen direkten, vom Programm gesteuerten Zugriff hat.

Die Phase des Datentransportes kann als ein Zusammenfallen oder eine Zusammenfassung der Phase der Datenaufnahme der einen Datenverarbeitungsanlage mit der Phase der Datenabgabe einer anderen Datenverarbeitungsanlage angesehen werden.²⁾ Man kann daher auf die Betrachtung der Phase des Datentransportes verzichten. Somit bleiben vier Phasen von Interesse: die Phasen der Datenruhe, Datenaufnahme, Datenabgabe und Datentransformation.

(Forts. d. Anm. 3 von S. 13):

S c h n e i d e r , C.: Datenverarbeitungslexikon, Wiesbaden 1970, Stichworte "periphere Einheiten", "externe Speicher".

(Anm. 4 von S. 13):

Rezeptoren der Anlage sind beispielsweise die Abfühleinrichtungen der Lochkarten- und Lochstreifenlesegeräte.

- 1) Die bisher häufigste Art der Speicherung kleinerer oder mittlerer Datenmengen im zentralen Bereich der Datenverarbeitungsanlagen war der Magnetkern- oder Ferritkern-Speicher. Er ist der Hauptarbeitsspeicher einer Datenverarbeitungsanlage, zu dem sie einen relativ schnellen Zugriff hat. Aus technischen Gründen, aber auch aus Gründen der Kosten führt die Entwicklung von dieser Form des zentralen Speichers fort. Vgl. dazu beispielsweise

K e m p f , H.-G.: Der Magnetdrahtspeicher - ein Speicher mit zerstörungsfreiem Lesen, in: Elektronische Datenverarbeitung, Jg. 8 (1966), S. 40 - 43,

G o s e r , K., K a d e r e i t , H.G., K i r c h n e r , H.: Supraleitende Schalt- und Speicherelemente, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 8 (1966), H. 6, S. 278 - 286.

G o s e r , K.: Ein wortorganisierter supraleitender Schichtspeicher, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 9 (1967), H. 6, S. 253 - 260.

Aus diesem Grunde soll in folgenden nur der Ausdruck Hauptspeicher, der sich auch in Veröffentlichungen der Herstellerfirmen von Datenverarbeitungsanlagen mehr und mehr durchsetzt, verwendet werden.

- 2) S c h w e i k e r , K.: Grundlagen ..., a.a.O., S. 78.

Dem Ablauf der einzelnen Phasen dienen neben der Zentraleinheit verschiedene periphere Aggregate. Bei modernen Großanlagen stehen für einzelne Phasen häufig sogar mehrere Aggregate mit zum Teil sehr unterschiedlicher Arbeitsgeschwindigkeit zur Verfügung. Besonders groß ist dabei die Diskrepanz zwischen den Arbeitsgeschwindigkeiten der Zentraleinheit und der peripheren Aggregate.

Bewegt sich ein Datenfluß im Ablauf der Phasen von einem peripheren Aggregat über die Zentraleinheit zu einem anderen peripheren Aggregat¹⁾, so bestimmt das langsamste Aggregat die Zeit, die für den gesamten Datenfluß benötigt wird. Die Zentraleinheit ist dabei in der Regel²⁾, auch wenn sie je Dateneinheit relativ viele Verarbeitungsvorgänge auszuführen hat, bei weitem nicht ausgelastet. Gemessen an ihrer Leistungsfähigkeit könnte ein zweiter oder könnten weitere Datenflüsse von und zu anderen peripheren Aggregaten über sie geleitet werden.³⁾

Aus diesem Grunde sehen die Hersteller von Datenverarbeitungsanlagen zur besseren Nutzung der hochleistungsfähigen Zentraleinheiten moderner Großanlagen derartige Möglichkeiten für den phasenmäßigen Ablauf durch entsprechende technische Einrichtungen vor. Während also die einzelnen peripheren Aggregate bei Großanlagen im Phasenablauf simultan ihre Arbeitsgänge durchführen, verarbeitet die Zentraleinheit mehrere von deren Datenflüssen sequenziell, wobei jedoch für den außenstehenden Beobachter der

- 1) Datenflüsse zwischen peripheren Aggregaten können in der Regel, insbesondere wenn Verarbeitungsvorgänge damit verbunden sind, nur auf dem Wege über den Hauptspeicher bzw. über die Zentraleinheit ausgeführt werden.
- 2) Das gilt in erster Linie für Aufgaben aus dem kommerziellen Bereich. Bei technisch-wissenschaftlichen Problemstellungen, die eine Vielzahl von Iterationen erfordern, ist die Auslastung der Zentraleinheit, insbesondere des Rechenwerkes hoch gegenüber der Auslastung der peripheren Aggregate.
- 3) Über die Probleme der hier angeschnittenen Leistungsfähigkeit der verschiedenen Aggregate wird an späterer Stelle eingehender zu sprechen sein.

Eindruck erweckt wird, als würden die Datenflüsse auch die Zentraleinheit simultan durchlaufen. Schulz verweist in diesem Zusammenhang darauf, daß eine derartige Betriebsweise auf der Seite der Sachgüterproduktion der geschalteten Gangfolge, kurz auch nur Schaltung genannt, entspreche.¹⁾²⁾ Vgl. dazu die folgende Abbildung. Beim Datenverarbeitungsprozeß spricht man hier vom Zeitmultiplex-Betrieb.

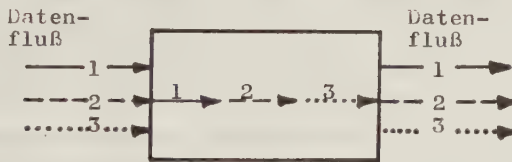


Abb. I/1: Zeitmultiplex-Betrieb.¹⁾

Wählt man den Anstraktionsgrad sehr hoch, findet sich in der Literatur ein interessanter Aspekt, der datenverarbeitende Aggregate nicht nur aus der Sicht industrieller Produktionsprozesse betrachtet, sondern aus der Sicht von Maschinen schlechthin. In seiner Untersuchung über die Organisation von Software-Systemen vergleicht Seibt Maschinen jeglicher Art und Programme unter systemtheoretischen Aspekten.³⁾⁴⁾ Aufbauend auf Untersuchungen von Ash-

1) S c h u l z , A.: Strukturanalyse der maschinellen betrieblichen Informationsbearbeitung, Berlin 1970, S. 209.

2) Vgl. zum betrieblichen Ablauf dieser Art:
S c h w e i t z e r , M.: Probleme der Ablauforganisation in Unternehmen, in: E. Kosiol (Hrsg.): Betriebswirtschaftliche Forschungsergebnisse, Bd. 22, Berlin 1964, S. 70 ff.

3) S e i b t , D.: Organisation von Software-Systemen, a.a.O., S. 55 ff.

4) Siehe S. 17.

by¹⁾ erläutert Seibt²⁾ die beiden Begriffe "determinierte Maschine"³⁾ - ein von der Umwelt isoliertes System⁴⁾ - und "Maschine mit Input" bzw. "Überführer" (transducer)⁵⁾⁶⁾ - ein in Kontakt zur Umwelt stehendes System.

Entscheidend für den Begriff der Maschine mit Input ist es, daß er nicht an die Materialität und Energietransformation gebunden ist⁷⁾, sondern daß er auch - ebenso wie die Systemtheorie, die nicht nur den Austausch von Stoff und Energie, sondern auch den von Informationen zwischen

(Anm. 4 von S. 16):

Mit der Systemtheorie wird versucht, einen allgemeinen theoretischen Ansatz zur Analyse und Synthese von Systemen aller Art zu finden, wobei u.a. von der Annahme ausgegangen wird, daß unterschiedliche Systeme verschiedener Art gleichen Systemgesetzen unterworfen seien. Vgl. zur Systemtheorie

F u c h s , H.: Systemtheorie, in: HWO, hrsg. von E. Grochla, Stuttgart 1969, Sp. 1618 - 1630, hier 1618. Ursprung bzw. Grundgedanken, worauf die Systemtheorie aufbaut, finden sich bei

B e r t a l a n f f y , L. von: Zu einer allgemeinen Systemlehre, in: Biologia Generalis, Bd. XIX, H. 1, 1949, S. 114 - 129.

- 1) A s h b y , W.R.: An Introduction to Cybernetics, London 1961.
- 2) S e i b t , D.: Organisation von ..., a.a.O., S. 65 f.
- 3) A s h b y , W.R.: An Introduction ..., a.a.O., S. 24. Eine determinierte Maschine ist ein System, das sich wie eine geschlossene einwertige Transformation verhält. "Unter einer Transformation wird dabei eine Menge von Veränderungen (transitions) einer Menge von Operanden verstanden. Die jeweiligen Ausprägungen der Operanden der Transformation stimmen mit den Zuständen des Systems überein."
S e i b t , D.: Organisation von ..., a.a.O., S. 56.
- 4) Da die Isoliertheit realiter nicht gegeben sein kann, wurde der Begriff der determinierten Maschine von Ashby erweitert.
- 5) A s h b y , W.R.: An Introduction ..., a.a.O., S. 44.
- 6) Seibt weist darauf hin, daß dieser Begriff dem Begriff des Wandlers aus der Elektrotechnik entspricht.
S e i b t , D.: Organisation von ..., a.a.O., S. 57, und K a z m i e r c z a k , H.: Wandler, in: Taschenbuch der Nachrichtenverarbeitung, hrsg. v. K. Steinbuch, 2. Aufl., Berlin - Heidelberg - New York 1967, S. 325 - 374.
- 7) S e i b t , D.: Organisation von ..., a.a.O., S. 57.

den Systemen mit einbezieht¹⁾ - die Transformation von Informationen zuläßt, jedoch besonders auf die Regelmäßigkeit des Systemverhaltens abhebt.²⁾

In Verfolgung des Gedankens " ..., daß zur Existenz von Maschinen - genauer von 'Maschinen mit Input' - weder die Materialität noch der Bezug zu irgendeiner Art von Energietransformation notwendig sind, können Programme selbst als Maschinen mit Input betrachtet werden. Ein in der Zentraleinheit eines ADV-Systems gespeichertes Programm realisiert zur Laufzeit eine Folge von Zustandsveränderungen, die sich gleichzeitig als Output auf andere, es umgebende Systeme auswirken. Dabei kann es sich sowohl um physikalische als auch um informationelle Wirkungen auf andere Systeme handeln. Gleichzeitig erfährt das Programm selbst Einwirkungen von anderen Systemen, die seine Struktur und damit auch sekundär sein Verhalten ändern können".³⁾ Seibt zieht daraus die Konsequenz, daß man einem Datenverarbeitungssystem in Form von speicherbarer Software (Programmen) immer neue sogenannte Submaschinen zuführen und diese - ohne eine Veränderung materieller Elemente - auch gegeneinander austauschen könne.

Hierin sieht Seibt jedoch einen wesentlichen Unterschied zwischen Datenverarbeitungsanlagen und Maschinen-Systemen zur Verarbeitung materieller Objekte.⁴⁾

Dieser von Seibt herausgearbeitete Unterschied bleibt auch dann bestehen, wenn industrieller Produktionsprozeß und Datenverarbeitungsprozeß so eng miteinander verbunden

1) Vgl. dazu beispielsweise Johnson, R.A., Kast, F.E., Rosenzweig, J.E.: The theory and management of systems, London 1963, S. 77 ff.

2) Vgl. Ashby, W.R.: Principles of the self-organizing system, in: Principles of Self-Organization. Transactions of the university of Illinois, Symposium on self-organization. Edited by Heinz von Foerster and George W. Zopf, Jr., Oxford u.a. 1962, S. 255 - 278, hier insbesondere S. 261.

3) Seibt, D.: Organisation von ..., a.a.O., S. 53.

4) Seibt, D.: Organisation von ..., a.a.O., S. 59.

sind, daß sich für den außenstehenden Beobachter die Trennungslinien zwischen beiden Prozessen verwischen und die Gesamtheit der Aggregate und Prozesse als ein geschlossenes System erscheint.¹⁾

Als Beispiel seien durch Datenverarbeitungsprozesse gesteuerte Produktionsprozesse bestimmter Werkzeugmaschinen mit besonders hoher Leistung erwähnt.²⁾ In diesen Fällen beeinflußt nicht nur der Datenverarbeitungsprozeß als sog. numerische Steuerung den Materialverarbeitungsprozeß der Werkzeugmaschine, auch der Materialverarbeitungsprozeß hat Rückwirkungen auf den ihn steuernden Datenverarbeitungsprozeß.³⁾ Der Wirkungsablauf entspricht dem in

- 1) Erinnt sei an die gemäß DIN 19 226 gegebene Definition des Systembegriffs: "Ein System im Sinne dieser Norm ist eine abgegrenzte Anordnung von aufeinander einwirkenden Gebilden. Solche Gebilde können sowohl Gegenstände als auch Denkmethode und deren Ergebnisse (z.B. Organisationsformen, mathematische Methoden, Programmiersprachen) sein. Diese Anordnung wird durch eine Hüllfläche von ihrer Umgebung abgegrenzt oder abgegrenzt gedacht."
- 2) Gedacht ist beispielsweise an numerisch gesteuerte Hochleistungsdrehbänke, die mit sehr hohen Geschwindigkeiten arbeiten müssen, damit die mit wachsender Geschwindigkeit fallenden Maschinenkosten und steigenden Werkzeugkosten pro gefertigtem Werkstück insgesamt zu einem Minimum werden. Vgl. dazu
D e p i e r e u x , W.-R.: Ermittlung optimaler Schnittbedingungen, insbesondere im Hinblick auf die wirtschaftliche Nutzung numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen. Diss. T.H. Aachen 1969.
- 3) Das Material verarbeitende Maschinensystem erhält als Input einerseits den zu verarbeitenden Rohstoff und andererseits Signale, die seine Arbeitsweise bestimmen. Der Output ist entsprechend gekennzeichnet einerseits durch das erstellte Erzeugnis und andererseits durch Signale oder Daten, die den Verlauf des Produktionsprozesses kennzeichnen, z.B. die gemessene Arbeitsgeschwindigkeit, die Erwärmung des Schnittwerkzeugs u.ä.
Entsprechend besteht der Input des datenverarbeitenden Maschinensystems aus den Daten des Programms (im Sinne einer Submaschine) und den Outputdaten des materieverarbeitenden Systems. Der Output des datenverarbeitenden Maschinensystems geht an das materieverarbeitende Maschinensystem als Bestandteil von dessen Input.

einem Regelkreis¹⁾, wobei das datenverarbeitende System den Regler und das materialverarbeitende System die Regelstrecke darstellen und beide als Maschinen mit Input betrachtet werden müssen. Vgl. dazu die folgende Textabbildung.

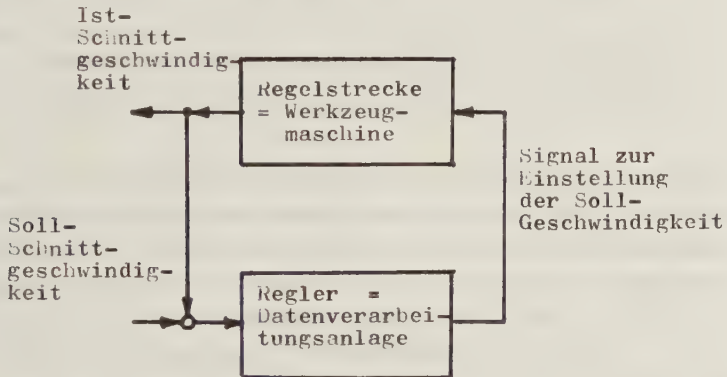


Abb.: Regelkreis von Werkzeugmaschine und Datenverarbeitungssystem. Darstellung des Signalflusses im Blockschaltbild.

- 1) Für die Arbeitsweise des Regelkreises vgl. beispielsweise
O p p e l t , W.: Kleines Handbuch technischer Regelvorgänge, 4. Aufl., Weinheim/Bergstraße 1964, S. 13 - 18. Vgl. dazu
O p i t z , H.: Moderne Produktionstechnik - Stand und Tendenzen, 3. Aufl., Essen 1971, S. 59 ff.
Vgl. hierzu auch die Ausführungen von Simon über die Grundlagen der numerischen Steuerung von Werkzeugmaschinen.
S i m o n , W.: Die numerische Steuerung von Werkzeugmaschinen, 2. Aufl., München 1971, S. 5 ff. - Hier die Darlegung über den Regelkreis beim Positionierungsvorgang. Vgl. auch
K o h r i n g , G.: Grundlagen und Praxis numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen, München 1966, S. 17 ff.

Will man den Datenverarbeitungsprozeß und seinen Phasenablauf aus der Sicht eines weniger großen Abstraktionsgrades untersuchen, muß man in die Betrachtung die Einzelabläufe mit ihren technischen Bedingungen und Grenzen einbeziehen.

I.2. Grenzen im Ablauf der Phasen eines Leistungsprozesses

Die einzelne Phase eines Datenverarbeitungsprozesses unterliegt in ihrem zeitlichen Ablauf ähnlichen technisch bedingten Grenzen wie der Produktionsprozeß, insbesondere derjenige, bei dem mechanische Bewegungen Voraussetzungen für seinen Ablauf sind. Diese Grenzen werden bestimmt einerseits durch elektromagnetische Vorgänge, deren Ablaufgeschwindigkeit nicht ohne weiteres gesteigert werden kann, und andererseits durch mechanische Vorgänge, bei denen die Materialbeanspruchung durch Reibung sowie Beschleunigungs- und Bremskräfte einer Geschwindigkeitssteigerung eine Grenze zieht.

So vollziehen sich Auf- und Abbau elektromagnetischer Potentiale mit Lichtgeschwindigkeit und können nicht beschleunigt werden. Damit ist eine der Grenzen für den zeitlichen Ablauf von Prozessen der automatisierten Datenverarbeitung gegeben. Dieser Grenze vorgelagert ist jedoch eine andere Grenze, die den Ablauf von Datenverarbeitungsprozessen wesentlich stärker beschränkt. Diese andere Grenze liegt in der *H ä u f i g k e i t*, mit der elektromagnetische Potentiale pro Zeiteinheit auf- und abgebaut werden. Entscheidend ist hier die sogenannte (Takt-)Frequenz für die elektromagnetischen Vorgänge, insbesondere für die Schaltvorgänge von Dioden, Transi-

storen und anderen Halbleiterelementen und für die Wirkung unerwünschter Leitungskapazitäten.¹⁾

Noch wesentlich engere Grenzen sind dem Ablauf von Prozessen der automatisierten Datenverarbeitung jedoch durch notwendige Bewegungen mechanischer Teile gegeben. Hier liegen im Datenverarbeitungsprozeß wesensgleiche Verhältnisse zum Produktionsprozeß vor.²⁾ Auch im Datenverarbeitungsprozeß sind - wie im Produktionsprozeß - gleichförmige Bewegungen den ungleichförmigen, die unter Umständen nicht nur die Geschwindigkeit, sondern auch die Richtung wechseln, vorzuziehen.

Als Beispiele für Datenverarbeitungsaggregate, die mit ungleichförmigen Bewegungen arbeiten, wie beispielsweise im industriellen Produktionsprozeß Hobel- oder Stanzmaschinen, seien die Lese- und Stanzgeräte für Lochkarten

1) W a l k e r , B.S.: Einführung in die Computer-Technik, Berlin 1969. Aus dem Englischen übertragen von H.-J. Töpfer. Titel der englischen Originalausgabe: Introduction to Computer-Engineering, London (o.J.). - In der deutschen Ausgabe S. 388.

Bei zu hohen Frequenzen fließen beispielsweise die elektrischen Ströme nicht mehr nur in den vorgegebenen Leitungszügen, sondern bewegen sich - ungeachtet der Isolation zwischen den Leitungen - durch die Wirkung unerwünschter Leitungskapazitäten von einem Leitungszug zum anderen. Sogar bei der modernen Technik mit Magnetfilmspeicher macht sich diese physikalisch bedingte Grenze bemerkbar. Vgl.

S t e i n , K.U.: Grenzen der Geschwindigkeit und Kapazität bei Magnetfilmspeichern, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 11 (1969), H. 2, S. 65 - 73.

R a j c h m a n , J.A.: Magnetics for computers - a survey of the state of the art, in: RCA review, Jg. 20 (1959), S. 92.

K a u f m a n n , B.A., E l l i n g e r , P.B.,

K u n o , J.: A rotationally switched rod memory with a 100 nanosecond cycle time. Proc. Fall Joint Computer Conf. 1965.

H o d g e s , D.A.: Large-capacity semiconductor memory. Proc. IEEE, Jg. 56 (1968), S. 1148.

K a u f m a n n , H.: Speicher- und Schaltkreistechnik von Datenverarbeitungsanlagen. Berichte der Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Bd. 187, Köln - Opladen 1969.

2) Vgl. dazu für den Produktionsprozeß

E l l i n g e r , Th.: Ablaufplanung, Stuttgart 1959, S. 14 ff.

genannt. Hier stoßen im Lese- oder Stanzaggregat messerartige Stahlkanten die jeweils unterste Lochkarte eines Lochkartenstapels an und bewegen sie aus der Ruhelage mit großer Beschleunigung aus dem Stapel heraus. Bei Lochkartenlesern rutscht dann die Lochkarte durch die Lesestation hindurch, wo die durch Löcher in der Karte gespeicherten Daten mit Hilfe von sogenannten Bürsten abgefühlt werden. Danach rutscht die Lochkarte weiter in ein Ablagefach. Das mit einer messerartigen Stahlkante versehene Blech, das den ersten Anstoß der Lochkarte aus der Ruhelage heraus bewirken muß, wird nach dem Anstoß gebremst und wieder zurück in die Ausgangsstellung bewegt.¹⁾

Bei den Stanzgeräten sind es in erster Linie die Stanzstempel, die ungleichförmige Bewegungen bei den Stanzvorgängen ausführen, während sich die Lochkarte beim einzelnen Stanzvorgang jeweils kurzfristig in Ruhelage befindet. Stanzstempel und Lochkarte unterliegen im Ablauf ständigen Geschwindigkeitsänderungen.²⁾

Auch die Bewegungen der Magnetkopfarme von Magnetplattenaggregaten beginnen mit einer starken Beschleunigung und enden mit einem Bremsvorgang, wenn der Magnetkopf die gewünschte Magnetspur auf der Magnetplatte erreicht hat.³⁾

Als Beispiel für Aggregate, die mit gleichförmigen Bewegungen arbeiten, seien an erster Stelle die Magnettrommel- und Magnetplattengeräte erwähnt, soweit es sich bei den Magnetplattengeräten um die gleichförmige Umdrehung des Magnetplattenstapels handelt. Hier liegen ähnliche

1) In einigen Aggregaten, die auf dem Markt sind, werden auch andere Verfahren angewendet. Beispielsweise wird die Bewegung der Lochkarte durch lufttechnische Verfahren erreicht.

2) Vgl. z.B. w a l k e r, B.S.: Einführung in die Computer-Technik, a.a.O., S. 29b f.

3) Ebenso wird das Magnetband aus der Ruhelage heraus bis zum Erreichen des notwendigen Geschwindigkeitspotentials vor dem Lese- und Schreibvorgang beschleunigt und nach deren Beendigung wieder gebremst. Vgl. dazu die Zahlenbeispiele im Abschnitt VI.1.

Verhältnisse vor wie bei Drehbänken in der industriellen Produktion, wo das Werkstück eine konstante Rotationsbewegung während des Arbeitsprozesses ausführt.

Magnettrommel und Magnetplatten rotieren mit einer Geschwindigkeit von mehreren tausend Umdrehungen pro Minute. Das stellt besonders hohe Anforderungen an die Verschleißfestigkeit des Materials und bedeutet damit eine Begrenzung für die Geschwindigkeit. Die Abstände zwischen den magnetischen Lese- und Schreibköpfen einerseits und dem Trommelkörper andererseits liegen in der Größenordnung von 0,025 mm und dürfen nicht mehr als etwa 0,0025 mm variieren. Höherer Verschleiß durch größere Geschwindigkeiten würde die zulässigen Toleranzen durch größere Exzentrizität der Trommelrotation bald überschreiten lassen.¹⁾

Aus allen Beispielen wird ersichtlich, daß der zeitliche Ablauf von Datenverarbeitungsprozessen dem von Produktionsprozessen ähnelt und daß sich die Grenzen, die einer Erhöhung der Geschwindigkeit des Ablaufs gesetzt sind, in beiden Prozessen gleichen.

Von den in den Beispielen dargestellten mechanischen Bewegungen dienen einige dem Prozeßablauf direkt, indem sie eine bestimmte Datenverarbeitungsoperation ausführen, beispielsweise das Eindrücken des Stanzstempels in die zu stanzende Lochkarte²⁾ oder das Lesen der Daten von der Magnetplatte bzw. das Schreiben auf die Magnetplatte oder der entsprechende Vorgang beim Magnetbandgerät. In der Ausdrucksweise der industriellen Produktion entsprechen diese dem Prozeßablauf direkt dienenden Teilabläufe der sogenannten Hauptnutzung eines Betriebsmittels. Die dafür benötigte Zeit ist die Hauptnutzungszeit.³⁾

1) Vgl. dazu W a l k e r , B.S.: Einführung in die Computer-Technik, a.a.O., S. 224 ff.

2) Mit diesem Vorgang ist eine Information in der Lochkarte gespeichert worden.

3) Siehe auf S. 25.

Andere mechanische Bewegungen dagegen dienen dem Prozeßablauf nur indirekt, indem sie bestimmte Datenverarbeitungsoperationen vorbereiten bzw. die Vorbereitung wieder rückgängig machen, beispielsweise das Bewegen der Lochkarte aus einem Lochkartenstapel in die Lese- oder Stanzstation, wo die Verarbeitungsoperation im engeren Sinne durchgeführt wird, die Bewegung des Magnetkopfarmes aus der Anfangslage bis zu der Spur der Magnetplatte, wo der Lese- oder Schreibvorgang ausgeführt werden soll, aber auch die Rückbewegung nach erfolgter Operation bis zur Ausgangslage oder auch der Beschleunigungsvorgang des Magnetbandes, bis die notwendige Geschwindigkeit erreicht ist, sowie der Bremsvorgang.

In der Ausdrucksweise der industriellen Produktion entsprechen diese dem Prozeßablauf indirekt dienenden Teilabläufe der sogenannten Nebennutzung eines Betriebsmittels. Die dafür benötigte Zeit ist die Nebennutzungszeit.¹⁾

Anm. 3 von S. 24:

Vgl. dazu R E F A (Hrsg.): Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 2: Datenermittlung, 2. Aufl., München 1972, S. 43 ff.

Im industriellen Produktionsprozeß ist Hauptnutzungszeit beispielsweise die Zeit, in der auf einer Drehbank oder auf einer Hobelbank die Spanabhebung erfolgt. Auf einer Stanze ist es der Stanzvorgang im engeren Sinne. Die gesamte Hauptnutzungszeit t_h für ein zu bearbeitendes Werkstück setzt sich zusammen aus der Summe aller einzelnen Hauptnutzungszeiten des Betriebsmittels für die Dreh-, Hobel- oder Stanzvorgänge dieses Werkstücks $t_h = \sum t_{h_i}$. Vgl. dazu die Darstellung zur "Gliederung der Zeit je Einheit t_{eB} des Betriebsmittels" vom oben zit. Band 2, S. 49.

- 1) Vgl. dazu R E F A (Hrsg.): Methodenlehre ..., Teil 2, a.a.O., S. 43 ff. Im industriellen Produktionsprozeß ist Nebennutzungszeit beispielsweise die Zeit, in der auf einer Hobelbank der Hobelstahl aus der Endlage zurückgeführt wird, bis er wieder Kontakt mit dem Werkstück für den folgenden Hobelvorgang hat. Die gesamte Nebennutzungszeit t_n für ein zu bearbeitendes Werkstück setzt sich zusammen aus der Summe aller einzelnen Nebennutzungszeiten des Betriebsmittels für die Dreh-, Hobel- oder Stanzvorgänge dieses Werkstücks: $t_n = \sum t_{n_i}$. Vgl. dazu den oben zit. Teil 2, S. 49.

Die vorbereitenden Vorgänge sind für den Datenverarbeitungsprozeß wesentlich bedeutender und komplexer, als sich aus dem Beispiel von dem Einführen der Lochkarten in die Lese- und Stanzsituation erkennen läßt. Das Problem gleicht demjenigen von Produktionsprozessen¹⁾ und soll wegen seiner Bedeutung im folgenden Abschnitt näher behandelt werden. Dabei kommt es nicht nur auf materielle Vorbereitungen einzelner Operationen an, sondern ebenso auf immaterielle Vorbereitungen, die dem Datenverarbeitungsprozeß insgesamt dienen.

1.3. Vorbereitungen und Vorbereitungsgrad für Leistungsprozesse von Datenverarbeitungsanlagen

Nicht nur den Prozessen der industriellen Produktion sind komplexe Vorbereitungen zeitlich verschieden weit vorgelagert, sei es beispielsweise durch Planung und Erstellung des Produktionsapparates, durch Planung und Einführung der Produktionsorganisation, durch Planung und kurzfristig fallweise stattfindende Einrichtung des einzelnen Arbeitsganges. Alle derartigen Vorbereitungen beinhalten materielle und insbesondere immaterielle Komponenten. Ellinger faßt sie insgesamt unter dem Begriff des Vorbereitungsgrades zusammen.²⁾³⁾

- 1) Das darf auch deswegen erwartet werden, da nach Adam - wie bereits gesagt - der Informationsbeschaffungs- und Informationsveredelungsbetrieb in technischer und verwaltungsmäßiger Hinsicht über die wesentlichen Eigenschaften eines stoffverarbeitenden Industriebetriebes verfügt.

A d a m , A.: Messen und Regeln ..., a.a.O., S. 12.
Daraus soll nicht abgeleitet werden, daß es im Datenverarbeitungsprozeß und Produktionsprozeß ausschließlich gleichartige Probleme gibt.

- 2) E l l i n g e r , Th.: Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, in: ZfhF, Jg. 15 (1963), H. 10, S. 481 - 498, hier insbesondere S. 485.
"Der Begriff des Vorbereitungsgrades greift ... weit über den Begriff der Einrichtung hinaus und erfaßt auch die letzten Verästelungen der Vorbereitung industrieller Produktion, die ihren Schwerpunkt im immateriellen Bereich haben."

- 3) Siehe S. 27.

Auch Prozesse der automatisierten Datenverarbeitung benötigen für ihren Ablauf komplexe Vorbereitungen gleicher Art, die ebenfalls zeitlich verschieden weit dem einzelnen Prozeß vorgelagert sind und die kurz beleuchtet werden sollen.

1.3.1. Materielle Vorbereitungen für den Datenverarbeitungsprozeß

Zu den wichtigsten vorbereitenden Einrichtungen, die vorhanden sein müssen, um Datenverarbeitungsprozesse durchführen zu können, gehören die Räume der Datenverarbeitungsanlage, die Datenverarbeitungsanlage selbst, Magnetbänder und Magnetplatten und bei modernen Großanlagen das Betriebssystem¹⁾ mit Steuer- und Organisationsprogrammen, die es ermöglichen, verschiedene Datenverarbeitungsprozesse simultan ablaufen zu lassen. Weil Einrichtungen der genannten Art kurz- oder mittelfristig nur durch exogene Kräfte abgebaut werden können, sind sie als statische Einrichtungen²⁾ zu bezeichnen. Ihnen stehen gegenüber sogenannte externe und interne dynamische Einrichtungen³⁾,

Anm. 3 von S. 26:

Zu dem Vorbereitungsgrad für den Produktionsprozeß gehören auch Datenverarbeitungsprozesse, wenn sie beispielsweise der Produktionssteuerung als Materialdispositionsprogramm oder als Terminierungs- und Kapazitätsbelegungsprogramm dienen.

- 1) Vgl. S c h n e i d e r , C.: Datenverarbeitungslexikon, a.a.O., Stichwort "Betriebssystem": Betriebssystem, auch Bedienungsbetriebssystem, umfaßt die Gesamtheit aller Steuerprogramme mit der Aufgabe, die tatsächliche Leistungsfähigkeit der Datenverarbeitungsanlage in einem Höchstmaß auszunutzen und den Arbeitsdurchfluß zu automatisieren. Vgl. auch G r a e f , M., G r e i l l e r , R., H e c h t , G.: Datenverarbeitung im Realzeitbetrieb - Eine Einführung, München - Wien 1970, S. 47.
- 2) Zu den Begriffen der statischen und dynamischen Einrichtung vgl. E l l i n g e r , Th.: Ablaufplanung, a.a.O., S. 33 ff, und E l l i n g e r , Th.: Industrielle Einzelfertigung ..., a.a.O., S. 483 f.
- 3) Vgl. E l l i n g e r , Th.: Ablaufplanung, a.a.O., S. 35.

die sich kurz- oder mittelfristig durch endogene Kräfte abbauen, wie beispielsweise der klimatisierte Status des Datenverarbeitungsraumes. Müssen für manche Datenverarbeitungsprozesse sogenannte Stammdaten¹⁾ bereitgestellt werden, darf das als Grenzfall zwischen einer dynamischen und statischen Einrichtung angesehen werden. Der Abbau der Stammdaten erfolgt weniger durch einen physikalischen Prozeß, der die Datenspeicherung zerstört, sondern mehr durch den Verlust ihres Wahrheitsgehaltes im Laufe der Zeit.

Auch Programme sind Einrichtungen für den einzelnen Datenverarbeitungsprozeß und können dynamische Elemente aufweisen. Während ein Programm zur Lösung bestimmter mathematischer Gleichungssysteme als statische Einrichtung angesprochen werden kann, dürfte ein Programm zur Berechnung der Umsatzsteuer wegen der Einflüsse durch den Gesetzgeber, der die Berechnungsform ändern kann²⁾, einer dynamischen Einrichtung gleichen, die durch endogene Kräfte in ihrer Wirksamkeit abgebaut wird.

Der eingerichtete Zustand der Datenverarbeitungsanlage ist ebenfalls zu einem gewissen Anteil dynamischer Natur, da nur eine laufende Energiezufuhr den betriebsbereiten Zustand aufrechterhalten kann. Neben derartigen materiellen Vorbereitungen ist eine Reihe immaterieller Vorbereitungen Voraussetzung für den Vollzug eines Datenverarbeitungsprozesses.

1) S c h n e i d e r , G.: Datenverarbeitungslexikon, a.a.O., Stichwort: "S t a m m d a t e n". Es sind Angaben über Personenverhältnisse, Materialien, Artikel usw., die sich kaum oder nur recht selten ändern im Gegensatz zu Bewegungsdaten.

2) Verwiesen sei auf die Umstellung der Umsatzsteuer zum Jahreswechsel 1967/68, als die umsatzabhängige Steuer in eine sogenannte Mehrwertsteuer umgewandelt wurde.

I.3.2. Immaterielle Vorbereitungen für den Datenverarbeitungsprozeß

Als immaterielle Vorbereitung für den Datenverarbeitungsprozeß ist in erster Linie - wie bei fertigungstechnischen Prozessen - die Einübung des Bedienungspersonals zu nennen. Welche Bedeutung für den Datenverarbeitungsprozeß der Faktor Personal besitzt, läßt sich an der in relativ kurzer Zeit entstandenen Fachliteratur ermessen.¹⁾ Hier geht es jedoch nicht nur um das Bedienungspersonal im engeren Sinne, sondern auch um das Personal, das die Planungen der Prozesse, die Programmierung und die organisatorischen Vorbereitungen durchführt. Der Fertigungsplaner des Produktionsprozesses findet im Programmierer sein datenverarbeitungsbezogenes Gegenstück.

Die Einübung des Personals, die im Laufe häufig wiederholter, gleicher Arbeiten erworben wird, baut sich bei längerer Unterbrechung der Arbeiten endogen ab und hat somit dynamische Elemente.

Zu den immateriellen Vorbereitungen ist auch u.a. der Erwerb von Postlizenzen für Datenfernübertragungen zu rech-

1) So zum Beispiel:

K a l b e r m a t t e n , M.: Der Personaleinsatz in der elektronischen Datenverarbeitung, Hamburg - Berlin 1963, mit den besonderen Abschnitten "Die Auswahl des Personals", S. 55 ff, und "Die Ausbildung des Personals", S. 69 ff.

Z w i c k e r , E.: Personelle Organisation in der elektronischen Datenverarbeitung, Berlin 1967.

C h a p i n , E.: Einführung in die elektronische Datenverarbeitung, 3. Aufl., Wien - München 1967. Aus dem Amerikanischen übertragen von R. Leitner. Titel der amerikanischen Originalausgabe: An Introduction to Automatic Computers - A Systems Approach for Business, New York 1957. In der deutschen Ausgabe der Abschnitt "Schulung", S. 152 f.

B e r e s k a , D.: Organisation der betrieblichen Datenverarbeitung, 2. Aufl., München 1967/68, im Abschnitt "Personalplanung", S. 175 ff.

L i n d e m a n n , P.: Planung von elektrischen Datenverarbeitungsorganisationen, in: Grundlagen der elektronischen Datenverarbeitung, AWW-Schriftenreihe Nr. 242, Frankfurt/M. 1964, im Abschnitt "Unterrichtung und Schulung in elektronischer Datenverarbeitung", S. 83 f.

nen. Auch derartige Lizenzen können - aus mittel- und langfristiger Sicht - als dynamisch gelten, denn sie bedürfen einer dauernden Erneuerung durch eine entsprechende Gebühr.

I.3.3. Allgemeine, spezielle und zusätzliche Vorbereitungen¹⁾

Alle Vorbereitungen materieller Art, wie die geschilderten statischen und dynamischen Einrichtungen, sowie die Vorbereitungen immaterieller Art können mehreren Datenverarbeitungsprozessen dienen oder können lediglich für einen bestimmten Datenverarbeitungsprozeß Verwendung finden. Die Vorbereitungen können permanent gegeben sein, sie können auch fallweise geschaffen und wieder abgebaut werden.

Permanent gegebene Einrichtungen, die als Vorbereitungen allen Datenverarbeitungsprozessen in gleichem Maße dienen, sind beispielsweise der bereits erwähnte klimatisierte Status des Datenverarbeitungsraumes, die Datenverarbeitungsanlage selbst, eventuell zugehörige Betriebssysteme sowie die bereits genannte Einübung des Bedienungspersonals.

Mit allgemeinen Vorbereitungen, die allen Datenverarbeitungsprozessen einer Anlage gemeinsam dienen, wird ein allgemeiner Vorbereitungsgrad aufgebaut. Dieser reicht jedoch nicht aus, um einen Datenverarbeitungsprozeß durchführen zu können. Deswegen ist der allgemeine Vorbereitungsgrad durch zusätzliche Vorbereitungen, die einen zusätzlichen Vorbereitungsgrad bilden, zu ergänzen. Zusätzliche Vorbereitungen können wiederum mehreren Prozessen gemeinsam dienen und damit allgemeiner Natur sein,

1) Vgl. in dem Zusammenhang mit den Vorbereitungen die Begriffe allgemeiner, spezieller und zusätzlicher Vorbereitungsgrad, in:
E l l i n g e r , Th.: Industrielle ..., a.a.O.,
S. 485 f.

sie werden jedoch auch häufig nur für spezielle Prozesse geschaffen. Man spricht von einem allgemeinen und von einem speziellen zusätzlichen Vorbereitungsgrad.

Zusätzliche Vorbereitungen, die einen vorwiegend allgemeinen Charakter bei Datenverarbeitungsprozessen haben, sind beispielsweise sogenannte Bibliotheksprogramme, die als Bestandteil in verschiedene Prozesse bei Bedarf eingebaut werden können.¹⁾ Gedacht ist hierbei einerseits an mathematische Programme, mit deren Hilfe gewisse, häufig auftretende Formeln wie Reihen, Wurzeln und Approximationen gelöst werden können, und andererseits an kommerzielle Programme, die beispielsweise der Errechnung der Lohnsteuer dienen.

Weitere zusätzliche Vorbereitungen, jedoch mit begrenzt allgemeinem Charakter, sind sogenannte Datenbanken²⁾, die die bereits erwähnten Stammdaten enthalten.³⁾

Zusätzliche Vorbereitungen mit speziellem Charakter sind die einzelnen speziellen Programme, mit denen jeweils nur eine Aufgabe, ein Prozeß der Datenverarbeitungsanlage durchgeführt werden kann. Sie stehen wie die Fertigungs- oder Arbeitspläne im industriellen Produktionsbetrieb

1) S c h n e i d e r , C.: Datenverarbeitungslexikon, a.a.O., Stichwort "Bibliotheksprogramme".

2) Zum Begriff der Datenbank vgl. u.a. S t e i n b u c h , K.: Die informierte Gesellschaft, Stuttgart 1966, S. 282 f. Steinbuch spricht von Informationsbank.

W e d e k i n d , H.: Datenorganisation, Berlin 1970, S. 232 ff.

R u g g l e s , R.: Die zentrale Datenbank - Möglichkeiten ihrer Arbeitsweise, in: IBM-Nachrichten, Jg. 20 (1970), H. 200, S. 101 - 103.

S c h n e i d e r , C.: Datenverarbeitungslexikon, a.a.O., Stichwort "Datenbank".

W i l l , H.: Datenbank-Systeme, in: ZfB, Jg. 41 (1971), H. 12, S. 815 - 844.

Als Anwendungsbeispiel einer Datenbank sei erwähnt: P o h l e r t , Th.: Datenbank für Presse und Rundfunk - Konzeption und Planung, in: IBM-Nachrichten, Jg. 22 (1972), H. 210, S. 109 - 113.

3) Auch der Formularbestand eines Unternehmens muß zu den zusätzlichen Vorbereitungen gerechnet werden.

permanent zur Durchführung des betreffenden Datenverarbeitungsprozesses zur Verfügung und können als permanent gegebene, spezielle zusätzliche Vorbereitungen bezeichnet werden.

Jedoch auch der mit dem speziellen Programm geschaffene Vorbereitungsgrad reicht wie der bei dem Produktionsprozeß mit dem Arbeitsplan geschaffene Vorbereitungsgrad nicht aus, um den einzelnen Datenverarbeitungsprozeß durchführen zu können. Auf den mit Hilfe des Programms errichteten Vorbereitungsgrad ist fallweise ein weiterer spezieller zusätzlicher Vorbereitungsgrad aufzubauen. Gedacht ist hier insbesondere an alle mit dem Einrichtevorgang der Datenverarbeitungsanlage zusammenhängenden Vorbereitungsarbeiten.

Die Vorbereitungen im Rahmen der Einrichtearbeiten sind - im Gegensatz zu den meisten oben genannten Vorbereitungen - vor jedem Routineprozeß eines Programms erneut durchzuführen und an seinem Ende zugunsten eines anderen speziellen zusätzlichen Vorbereitungsgrades wieder abzubauen.

Für die automatisierte Datenverarbeitung mit Großanlagen, die simultan mehrere Prozesse ausführen können, sei abschließend auf einige hier typische Vorbereitungen hingewiesen. Zur bestmöglichen Nutzung des Leistungsvermögens derartiger Großanlagen sind vorbereitend vor den Prozeßausführungen von den zuständigen Mitarbeitern des Datenverarbeitungszentrums zweckmäßige Prozeßkombinationen für die simultane Durchführung auszuwählen.¹⁾ Hierin findet die Arbeitsvorbereitung aus dem industriellen Produktionsbetrieb, die für eine bestmögliche Belegungsplanung des Produktionsapparates zu sorgen hat, bei der Vorbereitung der Ablauforganisation im Datenverarbeitungszentrum ihr datenverarbeitungstechnisches und -organisatorisches Gegenstück.

Rückblickend kann gesagt werden, daß der gesamte Vorbereitungsgrad, der aufgebaut werden muß, um einen Daten-

1) Sog. Jobbildung, Jobzuordnung und Belegungsplanung für die Datenverarbeitungsanlage. Hier sind Prozesse mit Rechenintensität und Ein- und Ausgabeintensität zu kombinieren.

verarbeitungsprozeß durchführen zu können, sich - wie bei Prozessen industrieller Fertigung - als mehrstufiges, komplexes Phänomen erweist.

Muß ein Datenverarbeitungsprozeß geändert bzw. an neue Forderungen angepaßt werden, spielen sich diese Änderungen bzw. Anpassungen in erster Linie in der Neugestaltung des Vorbereitungsgrades ab, gleichartig wie bei der industriellen Fertigung.¹⁾ Hat beispielsweise der Gesetzgeber eine neue Art der Berechnung der Lohnsteuer eingeführt, können die davon betroffenen Datenverarbeitungsprozesse lediglich durch Neugestaltung der Programme an die neuen Bedingungen angepaßt werden.

Von besonderem Interesse sind Anpassungsvorgänge für gegebene Datenverarbeitungsprozesse an das Leistungsvermögen einer veränderten Datenverarbeitungsanlage, beispielsweise bei Ersatz einer älteren Anlage durch eine neue, verbunden mit einer Erweiterung der Anlage. Derartige Anpassungsvorgänge gegebener Prozesse an das Leistungsvermögen einer größeren Datenverarbeitungsanlage können ebenfalls nur durch Änderung der Struktur des Vorbereitungsgrades bewirkt werden. Auf diese Anpassungsvorgänge wird wegen ihrer Bedeutung an späterer Stelle noch einzugehen sein.

Die mit dem Datenverarbeitungsprogramm gebildete Vorbereitung bestimmt den Ablauf des Leistungsprozesses im Rahmen der technischen Gegebenheiten der Datenverarbeitungsanlage. Mit der durch das Programm getroffenen Vorbereitung ist festgelegt, welche Aggregate der Anlage belegt werden und in welcher Weise das Leistungsvermögen der Datenverarbeitungsanlage genutzt wird. Im folgenden Schritt sollen daher Struktur und Verluste des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen betrachtet werden.

1) Vgl. dazu E l l i n g e r , Th.: Industrielle Einzel-fertigung ..., a.a.O., S. 483.
Vgl. dazu auch die Ausführungen in den Abschnitten III.2 und III.3.

II. STRUKTUR UND VERLUSTE DES LEISTUNGSVERMÖGENS VON DATENVERARBEITUNGSANLAGEN

Leistungsprozesse von Aggregaten der industriellen Produktion und der Datenverarbeitung haben Ergebnisse nach Menge und Art. Sieht man die Ergebnisse als kennzeichnend für das Leistungsvermögen der jeweiligen Aggregate an¹⁾, bereiten Beschreibung und Messung des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen ähnliche Schwierigkeiten wie die Beschreibung und Messung des Leistungsvermögens von Aggregaten industrieller Produktion.

Diese Schwierigkeiten entstehen insbesondere dadurch, daß viele der Aggregate nicht nur für jeweils einen bestimmten Prozeß eingesetzt sind, sondern unterschiedliche Prozesse mit teils sehr unterschiedlichen Prozeßergebnissen ausführen. Die Schwierigkeiten lassen sich auch nicht dadurch umgehen, daß man auf die Beschreibung und Messung der Leistungsergebnisse selbst verzichtet und an ihre Stelle die technischen Funktionen der Aggregate in den Mittelpunkt der Betrachtung rückt.²⁾ Da die technischen Funktionen der Datenverarbeitungsanlagen häufig bestimmten Phasen fest zugeordnet sind, Prozeßergebnisse und Ablauf der Phasen eng, jedoch fallweise auf unterschiedliche Art zusammenhängen, lassen sich aus der Beschreibung

1) K e r n , W.: Die Messung industrieller Fertigungskapazitäten und ihrer Nutzung - Grundlagen und Verfahren, Köln - Opladen 1962, S. 153 ff.

Zu dem Begriff Leistungsvermögen in der Form als Kapazität oder Leistungsfähigkeit vgl. auch beispielsweise R i e b e l , P.: Die Elastizität des Betriebes, eine produktions- und marktwirtschaftliche Untersuchung, Köln - Opladen 1954, S. 8 ff.

2) N i e d e r b e r g e r , A.: Leistungsanalyse ..., a.a.O.. Niederberger gibt eine eingehende Analyse des Leistungsvermögens von elektronischen Rechenanlagen, untersucht an 170 verschiedenen Anlagen. Die Untersuchungen " ... zeigen, daß nur einige Leistungskomponenten direkt meßbar sind, viele und bedeutende aber nur indirekt" (S. 100).

und Messung der technischen Funktionen keinerlei Rückschlüsse auf das Leistungsvermögen des Gesamttaggregates in Bezug auf seine Prozeßergebnisse zienen.¹⁾ Selbst begrenzte Aussagen über Struktur und Verluste des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen erfordern daher jeweils kritische und systematische Analysen, zu denen in den folgenden Abschnitten einige Ansatzpunkte aufgezeigt werden sollen.

II.1. Quantitatives und qualitatives Leistungsvermögen von Datenverarbeitungsanlagen

Als Ausgangspunkt für die Untersuchung des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen sei die Unterscheidung zwischen quantitativem und qualitativem Leistungsvermögen gewählt, eine Unterscheidung, die bei industriellen Fertigungskapazitäten von Bedeutung ist.

II.1.1. Deutung des quantitativen und qualitativen Leistungsvermögens

Aus Gründen, die folgend dargelegt sind, soll in der vorliegenden Arbeit der Begriff Leistungsvermögen den bei fertigungstechnischen Problemen häufig verwendeten Be-

1) Erwähnt seien hier als Beispiele die häufig sehr rechenintensiven Prozesse zur Lösung technisch-wissenschaftlicher Aufgaben und die meist sehr ein- und ausgabeintensiven kommerziellen Prozesse zur Lösung von Aufgaben der Verwaltung. Beide Prozeßgruppen benötigen die Phasen der Datenaufnahme, Datenabgabe und Datentransformation mit den entsprechenden technischen Funktionen der Datenverarbeitungsanlage. Beide Prozeßgruppen benötigen jedoch die entsprechenden technischen Funktionen und auch Phasen in äußerst unterschiedlichem Maße.

griff Kapazität ersetzen. Nach Kern¹⁾ ist "Kapazität ... das Leistungsvermögen einer wirtschaftlichen oder technischen Einheit - beliebiger Art, Größe und Struktur - in einem Zeitabschnitt".²⁾ Da jedoch bei den folgenden Untersuchungen nicht in jedem Falle das Leistungsvermögen auf einen Zeitabschnitt bezogen werden kann, soll auch nicht der Ausdruck "Kapazität" als Leistungsvermögen pro Zeiteinheit, sondern der neutralere und im Sprachgebrauch nicht häufig a priori zeitbezogene Ausdruck "Leistungsvermögen" verwendet werden.

Der Ausdruck "Kapazität" wird in der Datenverarbeitung häufig auch für das Fassungsvermögen eines Speichers, zum Beispiel des Hauptspeichers, verwendet³⁾, worauf

1) K e r n , W.: Die Messung ..., a.a.O., S. 27.

2) Dieser Begriff hat seinen praktischen Niederschlag u.a. in der Methodenlehre des Arbeitsstudiums des REFA als sogenannte Arbeitsleistung gefunden. Vgl. dazu R E F A (Hrsg.): Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 1: Grundlagen, 2. Aufl., München 1972, S. 83 ff. "Die Arbeitsleistung ist die Ausgabe bzw. das Arbeitsergebnis des Arbeitssystems, bezogen auf eine bestimmte Zeit:

$$\text{Arbeitsleistung} = \frac{\text{Ausgabe}}{\text{Zeit}} = \frac{\text{Arbeitsergebnis}}{\text{Zeit}}."$$

Den Begriff der Ausgabe faßt REFA jedoch weiter als Kern, da REFA sich auf ein Arbeitssystem schlechthin bezieht. "Die Ausgabe eines Arbeitssystems besteht im allgemeinen aus Arbeitsgegenständen, aber auch aus Menschen und Informationen, die im Sinne der Arbeitsaufgabe verändert oder verwendet wurden ... Neben Arbeitsgegenständen können auch Datenträger, Informationen und Menschen Ausgabe eines Arbeitssystems sein." (S. 69). Kommen Menschen als Ausgabe eines Arbeitssystems in Frage, so dürfte es sich bei dem Arbeitssystem um Schulen, Krankenhäuser, jedoch u.U. auch um Transportunternehmen handeln. Im folgenden hebt die gesamte Methodenlehre ab auf quantifizierbare Mengenleistungen, gemessen in Menge pro Zeit gegenüber der nicht immer in Menge/Zeit eindeutig zu charakterisierenden geistigen Leistung, wie es "das Finden einer konstruktiven Idee" darstellt (S. 84).

3) Vgl. dazu beispielsweise
Ch a p i n , N.: Einführung ..., a.a.O., S. 70 (Kapazität der Lochkarte), S. 132 (Speicherkapazität), S. 133 (Kapazität als allgemeine Ausstattung gemeint) usw.
(Forts. d. Anm. auf S. 37)

weiter unten noch eingegangen wird. Im elektrotechnischen Sinne verwenden Diemer¹⁾ und andere den Ausdruck "Kapazität" nämlich als elektrische Eigenschaft von Schaltelementen oder Geräteteilen.

Es ist von Interesse, daß Kern im Verlaufe seiner Analyse industrieller Fertigungskapazitäten den Oberbegriff Kapazität in die beiden Unterbegriffe quantitative und qualitative Kapazität gliedert. Er versteht unter quantitativer Kapazität den "allgemein geläufigen" Kapazitätsbegriff, also das bereits zitierte Leistungsvermögen in einem Zeitabschnitt. Somit deckt sich im Sprachgebrauch der Unterbegriff 'quantitative Kapazität' mit dem Oberbegriff 'Kapazität'. Dagegen meint Kern mit qualitativer Kapazität das qualitative Leistungsvermögen, das die Betriebsmittel nach Eigenart und Güte - nicht nach Leistung pro Zeit - aufzuweisen haben.²⁾ Das heißt also, daß das Lei-

(Forts. d. Anm. 3 von S. 36):

N i e d e r b e r g e r , A.: Leistungsanalyse ..., a.a.O., S. 18 (Kapazität als Anzahl von Bits oder Zeichen im Speicher), S. 66 (Kapazität ebenfalls als Anzahl von Bits oder Zeichen), S. 71 (entsprechend). S c h n e i d e r , C.: Datenverarbeitungslexikon, a.a.O., Stichwort: "Kapazität" ist ein Maß für die Menge an Informationen, die ein Register, ein Rechenwerk oder ein Speicher aufnimmt und behandeln kann "...".

- 1) D i e m e r , A.: Das Wesen der automatisierten elektronischen Datenverarbeitung und ihre Bedeutung für die Unternehmensleitung, Berlin 1962, so S. 36 u. 52. Gleichzeitig benutzt Diemer den Ausdruck Kapazität auch im Zusammenhang mit der Speichergröße, so S. 67 ("Speicherkapazität").
- 2) K e r n , W.: Die Messung ..., a.a.O., S. 57 und 58: "Man spricht deshalb von einer 'qualitativen Kapazität' im Gegensatz zur allgemein geläufigen 'quantitativen Kapazität' ...". Auf die Darstellung des qualitativen Leistungsvermögens kann man u.U. dann verzichten, wenn der Produktionsapparat für ein einziges Erzeugnis vorgesehen und auf dessen Produktion abgestimmt ist. In diesem Falle genügt der Kapazitätsbegriff als das "mengenmäßige Leistungsvermögen". Vgl. dazu Henzel, F. und Clar, P.:
H e n z e l , F.: Der Beschäftigungsgrad, in: ZfB, Jg. 5 (1928), S. 673 - 684 und S. 721 - 745, insbesondere S. 374, und
(Forts. d. Anm. auf S. 38)

stungsvermögen von technischen Einheiten nicht immer auf Zeitabschnitte bezogen werden kann, wenn auch der "allgemein geläufige" Begriff Kapazität sich mit dem enger begrenzten Begriff der quantitativen Kapazität deckt.

Nach Gutenberg wirkt sich die "Nichtausnutzung der qualitativen Kapazität ... auf die Kosten ähnlich aus wie die Nichtausnutzung der quantitativen Kapazität".¹⁾ Es ist also aus Gründen der besseren Transparenz der Kostenursachen zweckmäßig, quantitatives und qualitatives Leistungsvermögen technischer Einheiten zu unterscheiden.

In der Literatur steht das quantitative Leistungsvermögen industrieller Fertigungsaggregate im Vordergrund. Jedoch hat das Problem des qualitativen Leistungsvermögens auch einen beachtlichen Niederschlag gefunden.²⁾ Opitz gibt für das qualitative Leistungsvermögen und seine Ausnutzung ein Zahlenbeispiel aus seinen Untersuchungen in ei-

(Forts. d. Anm. 2 von S. 37):

C l a r , P.: Die Kapazitätsausnutzung in der Industrieunternehmung, Berlin 1964, S. 30.

Beide zitiert in

K ä p p e l e r , M.: Aufgaben, Probleme und Verfahren der Ablaufplanung bei industrieller Einzelfertigung, Diss. Mainz 1969, S. 25. Herausgegeben in der Reihe Betriebswirtschaftliche Sonderveröffentlichungen des VDMA, Dissertationen, VDMA-BwV 156.

- 1) G u t e n b e r g , E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Bd. 1: Die Produktion, 14. Aufl., Berlin - Heidelberg - New York 1968, S. 77.
- 2) A b r o m e i t , G.: Erzeugnisplanung und Produktionsprogramm, Wiesbaden 1955, S. 92 ff;
M a r x , A.: Die Kapazität in der Betriebswirtschaft und in der Betriebswirtschaftslehre, in: Der österreichische Betriebswirt, Jg. 9 (1959), H. 4, S. 171 und 179 f;
M e l l e r o w i c z , K.: Kosten und Kostenrechnung I: Theorie der Kosten, 3. Aufl., Berlin 1957, S. 216;
M e l l e r o w i c z , K.: Kapazitätsproblem, in: HWB, Bd. 2, 3. Aufl., Stuttgart 1958, Sp. 2953 - 2959, insbesondere Sp. 2954.
R i e b e l , P.: Die Elastizität des Betriebes, a.a.O.;
R u b e r g , C.: Der Begriff der Betriebskapazität und deren Messung in Handelsbetrieben, in: ZfB, Jg. 23 (1953), S. 465 ff.

ner namhaften westdeutschen Maschinenfabrik.¹⁾ Er zeigt, daß das qualitative Leistungsvermögen der untersuchten Drehbänke, bestehend aus deren Dreh- und Spitzenweite, durch die auf den Drehbänken ausgeführten Aufträge nur zu einem gewissen Prozentsatz ausgenutzt wird.²⁾ Ein ähnliches Problem bei der Ausnutzung qualitativer Leistungskomponenten stellt sich auch bei Datenverarbeitungsanlagen.

Datenverarbeitungsanlagen bestehen aus einer Vielzahl von Haupt- und Teilaggregaten³⁾ mit unterschiedlichen Eigenschaften quantitativen und qualitativen Leistungsvermögens. Jedes Haupt- und Teilaggregat trägt zum quantitativen und qualitativen Leistungsvermögen der Gesamtanlage bei, und jedes Haupt- und Teilaggregat kann im Verlaufe des Leistungsprozesses in seinem quantitativen und

- 1) O p i t z , H.: Fertigungsverfahren als Elastizitätsfaktor, enth. in: Deutsche Gesellschaft für Betriebswirtschaft, Dynamische Betriebsführung, Berlin 1959, S. 47 f. Das Beispiel ist wiedergegeben bei K e r n , W.: Die Messung ..., a.a.O., S. 56 und 57. Vgl. auch die entsprechenden Ausführungen bei O p i t z , H.: Moderne Produktionstechnik - ..., a.a.O., S. 480 ff.
- 2) Nach den angegebenen Zahlen nutzen 68,5 % aller Aufträge von dem maximal möglichen Drehdurchmesser von 500 mm bzw. 1000 mm nur höchstens 200 mm aus. Ähnlich verhält es sich mit der Ausnutzung der maximal möglichen Spitzenweiten (Werkstückslängen) von 2 m bzw. 5 m, 10 m und 20 m, je nach Drehbank. 75 % aller Aufträge haben Werkstückslängen, die unter 1 m liegen oder 1 m gerade erreichen.
Aus dem Beispiel von Opitz läßt sich auch ersehen, daß qualitatives Leistungsvermögen und Quantifizierbarkeit des qualitativen Leistungsvermögens sich nicht gegenseitig ausschließen.
- 3) Der Begriff Hauptaggregat steht dem Begriff Teilaggregat hier gegenüber. Unter Hauptaggregat sollen verstanden werden beispielsweise die Zentraleinheit, der Schnelldrucker, der Lochkartenstanzer und -leser. Unter Teilaggregat sollen verstanden werden die in den Hauptaggregaten enthaltenen Bestandteile, mit denen die Hauptaggregate wahlweise ausgebaut werden können und die eigene Funktionen haben. Hierunter fällt z.B. die Gleitkommaarithmetik, die man wahlweise in die Zentraleinheit einbauen kann.

qualitativen Leistungsvermögen unterschiedlich ausgenutzt werden. Die Ausnutzung des Leistungsvermögens einer Datenverarbeitungsanlage bietet sich also als ein komplexes Problem dar.

Zu den Eigenschaften, die das quantitative Leistungsvermögen einer Datenverarbeitungsanlage bestimmen, gehören z.B. die Druckgeschwindigkeit des Schnelldruckers, die Lesegeschwindigkeit des Lochkartenlesers, die sogenannte interne Verarbeitungsgeschwindigkeit, mit der Additionen oder andere Operationen durchgeführt werden.

Zu den Eigenschaften, die das qualitative Leistungsvermögen einer Datenverarbeitungsanlage charakterisieren, zählen unter anderem die Rechengenauigkeit (z.B. zehnstellige oder zwanzigstellige Genauigkeit) und die technische Potenz, mit Festkomma oder mit Gleitkomma¹⁾ arbeiten zu können.

-
- 1) Hat eine Datenverarbeitungsanlage die technische Potenz, nur mit Festkomma arbeiten zu können, dann arbeitet ihre Recheneinheit so, als ob das in der Rechnung vorkommende Komma immer an der gleichen Stelle stehen würde. Man spricht auch von Maschinenkomma. Es steht in der Regel bei allen Datenverarbeitungsanlagen vor der ersten dargestellten Ziffer. Die Datenverarbeitungsanlage kann also nur Zahlen kleiner als 1,0 darstellen. Hat man andere Zahlen zu verarbeiten, was sehr häufig der Fall ist, dann muß der Programmierer durch entsprechende Befehle die notwendige Kommaverschiebung berücksichtigen. Bei Datenverarbeitungsanlagen für kommerzielle Zwecke wird die Festkommatechnik von den Benutzern fast immer als ausreichend angesehen. Gegenüber der geschilderten Festkommatechnik haben Datenverarbeitungsanlagen für technisch-wissenschaftliche Zwecke eine sogenannte Gleitkommaeinrichtung. Mit ihrer Hilfe sorgt die Datenverarbeitungsanlage selbst für die richtige Kommastellung. Vgl. dazu u.a. F u t h , H.: Elektronische Datenverarbeitungsanlagen, Bd. I, Einführung in Aufbau und Arbeitsweise, 2. Aufl., München - Wien 1966, S. 118 ff. L u t z , Th., H a u f f , V.: Programmierfibel. Eine verständliche Einführung in das Programmieren digitaler Rechenautomaten, 2. Aufl., Stuttgart 1966, S. 22 f, 61, 68, 126, 185, 187. T h ü r i n g , B.: Programmierung von Datenverarbeitungsanlagen, in: Grundlagen der elektronischen Datenverarbeitung (Forts. d. Anm. auf S. 41)

Weiterhin müssen dem qualitativen Leistungsvermögen einer Datenverarbeitungsanlage u.a. die Potenz, 80 Stellen in eine Lochkarte stanzen oder 132 Druckstellen auf eine Zeile drucken zu können, zugerechnet werden, was dem eingangs zitierten produktionstechnischen Beispiel des qualitativen Leistungsvermögens der Drehbänke mit ihren Dreh- und Spitzenweiten entspricht. Auch die Größe des Hauptspeichers ist eine typische Eigenschaft qualitativen Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen. So können auf Anlagen mit nur kleinem Hauptspeicher keine oder nur sehr begrenzte Probleme der linearen Planungsrechnung oder anderer Optimalisierungsaufgaben ausgeführt werden¹⁾, während Großanlagen komplexe Prozesse durchführen können, an deren Ergebnisse hohe Anforderungen gestellt werden. Besonders in den Auswirkungen auf den hier nicht zu behandelnden formalen Datenprozeß kommt dem qualitativen Leistungsvermögen, das im hier zur Diskussion stehenden realtechnischen Datenverarbeitungsprozeß wirksam wird, eine besondere Bedeutung zu.

(Forts. d. Anm. 1 von S. 40):

tenverarbeitung, hrsg. vom Ausschuß für wirtschaftliche Verwaltung AWV, AWV-Schriftenreihe Nr. 242, Frankfurt/M. 1964, S. 244 ff.

- 1) Vgl. dazu M ü l l e r - M e r b a c h , H.: Operations Research, Berlin - Frankfurt 1970, S. 158, und M ü l l e r - M e r b a c h , H.: Neuere Ergebnisse des Operations Research (Erfahrungen mit neuen numerischen Methoden), in: Tagungsbericht vom III. Internationalen Kolloquium über Anwendungen der Mathematik in den Ingenieurwissenschaften (III. IKM) in Weimar 1965, Berlin 1966, S. 257 - 266.

II.1.2. Das Problem der Ausnutzung quantitativen und qualitativen Leistungsvermögens

Da sich die Nichtausnutzung des qualitativen Leistungsvermögens kostenmäßig ähnlich auswirkt wie die Nichtausnutzung des quantitativen Leistungsvermögens, ist man nach Kern bemüht, bei der Produktion mit industriellen Fertigungsaggregaten ein Maximum in der Ausnutzung des einen wie des anderen Leistungsvermögens zu erzielen.¹⁾ "Ein Maximum beider wird sich nie erreichen lassen, weil die Steigerung der einen fast immer eine Verschlechterung der anderen zur Folge hat, besonders dann, wenn es sich um die Ausnutzung von Mehrzweckmaschinen handelt. ... Da sie auf eine ständig wechselnde Fertigung eingerichtet sind, muß zwangsläufig die quantitative Kapazitätsausnutzung zurückgehen, sobald die qualitative durch häufige Umstellungen steigt. Das hierdurch hervorgerufene Problem kann als die große Antinomie der Kapazitätsausnutzung bezeichnet werden."²⁾³⁾

1) K e r n , W.: Die Messung ..., a.a.O., S. 58.

Dazu sei angemerkt, daß dieses Bemühen um eine maximale Ausnutzung des quantitativen und qualitativen Leistungsvermögens industrieller Fertigungsaggregate jedoch voraussetzt, daß die maximale Ausnutzung auch den maximalen Unternehmenserfolg ergibt. Diese Voraussetzung dürfte jedoch nicht immer erfüllt sein. Ergebnisse des Linear-Programming-Verfahrens zur Ermittlung des optimalen (beispielsweise des gewinnmaximalen) Produktionsprogramms verlangen lediglich eine bestimmte Struktur des Produktionsprogramms, was unter Umständen bedeuten kann, daß einzelne Fertigungsaggregate nicht maximal ausgenutzt werden. Lediglich für den Sonderfall, daß keine Disproportionalitäten zwischen den Anforderungen des Produktionsprogramms und dem vorhandenen Leistungsvermögen auftreten, ergibt die maximale Ausnutzung des Leistungsvermögens in quantitativer und qualitativer Hinsicht ein Maximum des Gewinns.

2) K e r n . W.: Die Messung ..., a.a.O., S. 58.

3) Wenn Kern die Ausnutzung quantitativen und qualitativen Leistungsvermögens als Antinomie bezeichnet, ist dazu ergänzend zu sagen:
Der Ersatz verschiedener Einzweckmaschinen durch Mehrzweckmaschinen in der industriellen Fertigung sollte in (Forts. d. Anm. auf S. 43)

Ein entsprechendes Problem findet sich auch bei Anlagen elektronischer Datenverarbeitung. Dabei sind vergleichbar den Einzweckmaschinen fertigungstechnischer Aggregate ältere, aber auch heute noch verwendete kleinere Datenverarbeitungsanlagen, insbesondere sogenannte Lochkartenanlagen. Sie verfügen über eine geringe Anzahl quantitativer und qualitativer Leistungskomponenten.¹⁾ Im Grenzfall ist das jeweils nur eine Komponente.²⁾ Die technische Antinomie der maximalen Ausnutzung quantitativen und qualitativen Leistungsvermögens ist bei derartigen Anlagen von geringer Bedeutung.

Moderne und größere Datenverarbeitungsanlagen müssen dagegen zu den Mehrzweckmaschinen gerechnet werden, die mit einer Vielzahl quantitativer und qualitativer Leistungskomponenten ausgestattet sind. Dabei macht sich mit wachsender Ausstattung der Datenverarbeitungsanlage durch quantitative und insbesondere qualitative Leistungskomponenten das dargelegte Problem der Ausnutzung des quantitativen und qualitativen Leistungsvermögens bemerkbar. Je vielfältiger die qualitativen Leistungskomponenten einer

(Forts. d. Anm. 3 von S. 42):

jedem Falle nur deswegen erfolgen, weil mit Hilfe der Mehrzweckmaschinen das wirtschaftlichere Fertigungsverfahren zur Realisierung eines bestimmten Fertigungsprogrammes angewendet werden kann. Ist dieses Ziel erreicht, sind die optimalen Fertigungsverfahren geschaffen, kann man zumindest nicht mehr im ökonomischen Sinne von einer Antinomie, einer Unvereinbarkeit zwischen zwei Prinzipien sprechen. Eine Antinomie wäre nur dann gegeben, wenn es das Unternehmensziel wäre, das vorhandene quantitative und auch das qualitative Leistungsvermögen maximal auszunutzen. Maximale Ausnutzung quantitativen und qualitativen Leistungsvermögens kann jedoch lediglich ein technisch interessantes Ziel, beispielsweise das des Produktionsleiters sein, nicht ein ökonomisch interessantes Ziel der Unternehmensleitung.

1) So können sogenannte Tabelliermaschinen für Lochkarten häufig nur die von ihnen aus den durchlaufenden Lochkarten gelesenen Daten tabellarisch ausdrucken und unter Umständen von den Daten Summen errechnen und drucken. Sortiermaschinen können nur sortieren und unter Umständen die sortierten Lochkarten zählen.

2) Zum Beispiel bei Lochkartenlochern.

Datenverarbeitungsanlage sind, umso vielfältiger können die von ihr bearbeiteten Aufgaben sein und umso häufiger ist unter Umständen mit einem Aufgabenwechsel zu rechnen. Häufiger Aufgabenwechsel führt einerseits zur vielfältigen Nutzung der verschiedenen qualitativen Leistungskomponenten, andererseits jedoch zur Minderung der quantitativen Nutzung.

Das technische Problem, quantitatives und qualitatives Leistungsvermögen nicht gleichzeitig maximal nutzen zu können, ist nicht nur durch häufigen Aufgabenwechsel bedingt, es resultiert auch aus technologischen Grenzen, die dem Vorbereitungsgrad gezogen sind. Einen besonderen Aspekt bietet hier für die Zentraleinheit das "Reziprozitätsgesetz der Programmierung" von Thüring.¹⁾

II.1.3. Das Reziprozitätsgesetz der Programmierung

Das Reziprozitätsgesetz der Programmierung von Thüring besagt, " ... daß ein durch Programmiermaßnahmen erzielter Gewinn an Rechenzeit durch erhöhten Bedarf an (innerem) Speicherraum erkaufte wird".²⁾ Entsprechend kann man bei Hinnahme erhöhter Rechenzeit mit geringerem (innerem) Speicherraum auskommen. Programmiermaßnahmen für einen bestimmten Prozeß gehören zum speziellen zusätzlichen Vorbereitungsgrad dieses Prozesses. Damit läßt sich das Reziprozitätsgesetz auch so formulieren, daß ein durch entsprechende Gestaltung des speziellen zusätzlichen Vorbereitungsgrades erzielter Gewinn an Rechenzeit durch erhöhten Bedarf an innerem Speicherraum, also an qualitativem Leistungsvermögen, erkaufte wird.

1) Th ü r i n g , B.: Einführung in die Methoden der Programmierung kaufmännischer und wissenschaftlicher Probleme für elektronische Rechenanlagen. I. Teil: Die Logik der Programmierung, 3. Aufl., Baden-Baden 1970, S. 58 ff, S. 92, S. 99, S. 156, S. 183.

2) Th ü r i n g , B.: Einführung in die Methoden ..., a.a.O., S. 183.

Es stellt sich die Frage, warum die Datenverarbeitungsanlage beispielsweise zur Lösung einer bestimmten mathematischen Aufgabe, deren Rechenschritte durch mathematische Regeln festgelegt sind, in einem Falle mehr Zeit als im anderen benötigt. Da die Ablaufgeschwindigkeit der einzelnen Operationen bei jeder Datenverarbeitungsanlage technisch vom Hersteller festgelegt ist und nicht vom Programmierer beeinflusst werden kann, bedarf das Reziprozitätsgesetz der Programmierung einer Interpretation.

Ausgangspunkt der Interpretation sind die von Thüring erwähnten Programmiermaßnahmen. Zu den wichtigsten zählen das lineare oder zyklische¹⁾ Programmieren sowie die Unterprogrammtechnik.²⁾³⁾

Derartige Vorbereitungen gestalten den Datenverarbeitungsprozeß in der Folge seiner einzelnen Operationen verschiedenen. Die einzelnen Operationen selbst laufen dabei mit unveränderter Geschwindigkeit ab.

Bei einer linear programmierten Aufgabe bestehen keine sogenannten Programmschleifen, die je nach Bedarf zyklisch durchlaufen werden können. Dagegen macht die zyklische Programmierung in allen geeigneten Fällen von Programmschleifen Gebrauch. Liegen völlig gleichartige Teilabläu-

- 1) Zur zyklischen Programmierung vgl. DIN 44300, Begriff "Schleife": Eine Folge von Anweisungen, die so geartet ist, daß sie beim Programmablauf zyklisch durchlaufen werden kann.
- 2) Vgl. dazu B i l l e t e r , E.: Der praktische Einsatz elektronischer Rechenautomaten, Wien 1961, S. 69 ff. D i e m e r , A.: Das Wesen ..., a.a.O., S. 74, 177 f. L u t z , Th. und H a u f f , V.: Programmierfibel, 2. Aufl., Stuttgart 1966, S. 98 f, 103 f, 114 f. T h ü r i n g , B.: Einführung in die Methoden ..., a.a.O., S. 58 ff, 91 f. T h ü r i n g , B.: Programmierung von ..., a.a.O., S. 268 ff.
- 3) Lineare Programmierung ist hier der Gegensatz zur zyklischen Programmierung. Der hier verwendete Begriff lineare Programmierung steht in keinem Zusammenhang mit dem Begriff des "Linear Programming", der ein mathematisch-ökonomisches Problem bezeichnet, nämlich die Lösung eines Systems linearer Gleichungen zur Errechnung eines Optimalwertes. Vgl. dazu M ü l l e r - M e r b a c h , H.: Operations Research, a.a.O., S.89 f.

fe innerhalb eines gesamten Prozeßablaufs vor, werden diese sich wiederholenden Teilabläufe als *e i n e* Programmschleife geschrieben, die bei Bedarf beliebig oft von der Datenverarbeitungsanlage durchgearbeitet werden kann. Dadurch wird die oben erwähnte Ersparnis an Speicherplatz für das Programm erzielt. Der größere Zeitbedarf der zyklischen Programmierung gegenüber der linearen Programmierung entsteht durch einige zusätzliche Organisationsbefehle.¹⁾ Sie sorgen dafür, daß beispielsweise nach jedem Durchlauf durch die Programmschleife geprüft wird, ob ein weiterer Durchlauf erforderlich ist und die Anlage bei Bedarf wieder an den Anfang der Programmschleife zurückkehrt oder an anderer Stelle im Programm weiterarbeitet.

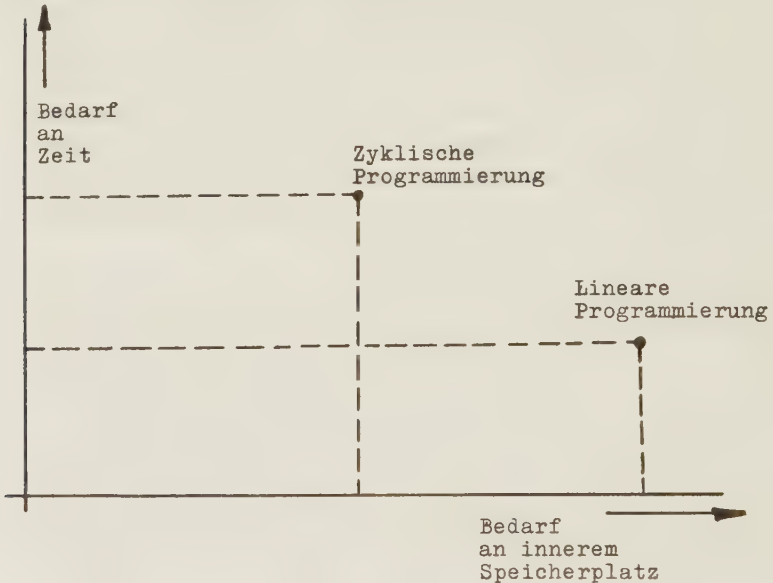
Durch den Zeitverbrauch dieser zusätzlichen Organisationsbefehle dauert der Ablauf einer Aufgabe, für deren Lösung zyklische Programmteile bestehen, länger als der Ablauf in rein linearer Programmierung.²⁾ Dem größeren Zeitverbrauch steht ein häufig erheblich verringerter Bedarf an innerem Speicherplatz für die Befehlsfolge gegenüber. Die Anzahl der Organisationsbefehle ist wesentlich geringer als die Vielzahl der sich bei linearer Programmierung immer wiederholenden gleichartigen Befehle für gleichartige Teilabläufe.

Für die Lösung einer gegebenen Aufgabe kann also die Zentraleinheit einer Datenverarbeitungsanlage einerseits eine kurze Zeit, andererseits eine lange Zeit benötigen. Eine kurze Zeit für eine bestimmte Aufgabe bedeutet eine hohe Ausnutzung des quantitativen Leistungsvermögens. Eine lange Zeit für dieselbe Aufgabe bedeutet eine geringe Ausnutzung des quantitativen Leistungsvermögens.

1) L u t z , Th. und H a u f f , V.: Programmierfibel, a.a.O., S. 60.

2) Unterstellt ist, daß ein für die übrigen programmtechnischen Bedingungen qualitativ gleichwertiges Programm erstellt wurde.

Demgegenüber steht - entsprechend dem Reziprozitätsgesetz der Programmierung - die sich reziprok dazu verhaltende Ausnutzung des qualitativen Leistungsvermögens. Die folgende Darstellung gibt die geschilderte Reziprozität zwischen der Ausnutzung des quantitativen und qualitativen Leistungsvermögens schaubildlich wieder.



Graphische Darstellung für den Bedarf an Zeit und innerem Speicherplatz zur Lösung einer Aufgabe im Sinne des Reziprozitätsgesetzes der Programmierung

II.1.4. Einflüsse von Programmierqualität und Programmierdauer auf die Nutzung des Leistungsvermögens

Die Betriebsmittel-Ausführungszeit eines Datenverarbeitungsprozesses und auch der für das Programm benötigte Speicherplatz sind jedoch nicht allein abhängig von Aus-

wahlentscheidungen des Programmierers im Rahmen des Reziprozitätsgesetzes, man darf auch unterstellen, daß sie abhängig sind von der Qualität des Programmierers und dem Arbeitsaufwand, den er in das Programm investiert. Insbesondere darf angenommen werden, daß sich mit wachsendem Zeitaufwand für die Programmierung die Wirksamkeit des Programms, gemessen an der Betriebsmittel-Ausführungszeit¹⁾, verbessert.²⁾

- 1) Zum Begriff der Betriebsmittel-Ausführungszeit vgl.: R E F A (Hrsg.): Methodenlehre ..., a.a.O., Teil 2, S. 43 ff. Die Betriebsmittel-Ausführungszeit t_{aB} gliedert sich nach REFA in die Betriebsmittelzeit je Einheit t_{eB} , multipliziert mit der Anzahl der zu verarbeitenden Einheiten m , wobei die Betriebsmittelzeit je Einheit ihrerseits sich zusammensetzt aus der Betriebsmittel-Grundzeit t_{gB} und der Betriebsmittel-Verarbeitzeit t_{vB} , jeweils auf eine zu verarbeitende Einheit bezogen. Die Betriebsmittel-Grundzeit setzt sich ihrerseits zusammen aus der bereits an früherer Stelle genannten Hauptnutzungs-, Nebennutzungs- und der noch zu erwähnenden Brachzeit. In zusammengefaßter Darstellung ergibt sich für die Betriebsmittel-Ausführungszeit folgende Gliederung:

$$\begin{aligned}t_{aB} &= m \cdot t_{eB} \\t_{aB} &= m \cdot (t_{gB} + t_{vB}) \\t_{aB} &= m \cdot (t_h + t_n + t_b + t_{vB})\end{aligned}$$

Für die genannte Darstellung ist die Frage der Mengeneinheit noch zu klären. Im industriellen Produktionsbetrieb ist die Mengeneinheit dann relativ leicht festzulegen, wenn es sich um Fertigungen von Losgrößen gleichartiger Stücke handelt. In diesem Falle ist das einzelne Stück die Mengeneinheit. Eine Schwierigkeit entsteht in der Industrie bereits dann, wenn sich der Gesamtauftrag aus mehreren Teilaufträgen zusammensetzt. In diesem Falle sind sämtliche Teilaufträge entsprechend zu berücksichtigen. Auf das Problem der Mengeneinheit für den Datenverarbeitungsprozeß wird an späterer Stelle noch zurückzukommen sein.

- 2) Vgl. dazu E l l i n g e r, Th.: Ablaufplanung, a.a.O., S. 97 ff. Für Prozesse der industriellen Produktion darf gesagt werden, daß, je vollkommener neue Fertigungsverfahren sind, umso größer in der Regel auch die für ihre Einführung benötigte Zeit ist. Beim Einsatz eines vollkommeneren Verfahrens steigen nicht nur die Kosten, die für das jeweilige Verfahren fix sind, es (Forts. d. Anm. auf S. 49)

Der Zeitaufwand für die Programmierung kann jedoch nicht beliebig ausgedehnt werden, da jeder Datenverarbeitungsprozeß nur eine ökonomisch begrenzte Lebensdauer hat. Einerseits soll er ab einem gewissen Zeitpunkt dem Unternehmen möglichst bald zur Verfügung stehen, andererseits kann er über einen anderen Zeitpunkt hinaus nicht weiter verwendet werden. Als Beispiel seien genannt die Berechnungen der Lohnsteuer und der Mehrwertsteuer. Bei Einführung einer neuen Steuer möchte das Unternehmen möglichst bald über ein entsprechendes Programm verfügen, das jedoch durch eine spätere Gesetzgebung wieder hinfällig werden kann.

Diese zeitlich begrenzte Einsatzmöglichkeit haben Prozesse der Datenverarbeitung gemeinsam mit Prozessen der industriellen Fertigung, bei deren Produkten man von Marktperioden spricht.¹⁾ Wegen der begrenzten innerbetrieblichen Marktperiode bzw. Einsatzdauer von Datenverarbeitungsprozessen entsteht auch hier die Frage nach dem optimalen zeitlichen und finanziellen Aufwand für die Gestaltung ihres Vorbereitungsgrades.²⁾³⁾

(Forts. d. Anm. 2 von S. 48):

steigt auch der Zeitaufwand für den Bau der Produktionsmittel und die Einführung des vollkommeneren Verfahrens. Den Kostensteigerungen für Entwicklung und Einführung der vollkommeneren Verfahren stehen Ersparnisse gegenüber, die sich aus der Vervollkommnung des Verfahrens ergeben. Kosten für Entwicklung und Einführung des vollkommeneren Verfahrens und aus dem Verfahren resultierende Ersparnisse lassen sich - wie Ellinger zeigt - zu einem Bestwert vereinigen.

- 1) Vgl. dazu E l l i n g e r , Th.: Die Marktperiode in ihrer Bedeutung für die Produktions- und Absatzplanung der Unternehmung, in: ZfhF, Jg. 13 (1961), S. 580 - 597.
- 2) Zum Problem der optimalen Vorbereitung vgl. E l l i n g e r , Th.: Ablaufplanung, a.a.O., S. 97 ff und E l l i n g e r , Th.: Die Marktperiode ..., a.a.O., S. 588 ff.
- 3) Die Frage nach der zeitoptimalen und kostenoptimalen Programmierung hat Neander mit Hilfe von zwei Modellen versucht zu beantworten. Vgl. dazu (Forts. d. Anm. auf S. 50)

Auch die qualitative Eignung des Programmierers für seine Aufgabe spielt wie in der industriellen Produktion für die Wirksamkeit eines Prozesses eine entscheidende Rolle. Hat beispielsweise die Fertigungsplanung im industriellen Produktionsbetrieb für den Drehprozeß auf einer bestimmten Drehbank eine an der Nennleistung gemessene zu geringe Drehgeschwindigkeit, einen zu geringen Vorschub und eine zu geringe Spantiefe vorgesehen, arbeitet dieses Aggregat mit zu geringer Intensität. Ein ähnliches Problem bietet sich dem Programmierer. So läßt sich beispielsweise in der folgenden Aufgabe der Wert a auf zwei verschiedenen Wegen mit jeweils unterschiedlichen Betriebsmittel-Ausführungszeiten ermitteln:¹⁾

$$a = \frac{b \cdot c}{d} + \frac{e \cdot c}{d}$$

Abschließend sei noch erwähnt, daß die jeweils verwendete Programmiersprache, der für die betreffende Programmiersprache zur Verfügung stehende Compiler und die Programmiermethode, z.B. die Verwendung von Entscheidungstabellen und genormter Programmierung, ebenfalls einen Einfluß auf die Nutzung des Leistungsvermögens haben.

Die Ausnutzung des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen erweist sich also als komplexes Problem, das mit den Problemen der Nutzung industrieller Produktionsaggregate wesentliche Merkmale gemeinsam hat.

(Forts. d. Anm. 3 von S. 49):

Neander, J.: Zur Frage des kostenoptimalen Programmierens, in: Elektronische Datenverarbeitung, Jg. 10 (1968), H. 8, S. 407 - 409. Als Erfolg einer verlängerten Programmierzeit nimmt Neander eine Verkürzung der Betriebsmittel-Ausführungszeit an. Je mehr Programmieraufwand für eine Problemlösung eingesetzt wird, umso kürzer wird die Betriebsmittel-Ausführungszeit. Er unterstellt bei zunehmendem Aufwand einen abnehmenden Grenzerfolg.

1) Erster Weg der Rechnung: Zweiter Weg der Rechnung:

1. $b \cdot c = m$
2. $m/d = n$
3. $e \cdot c = q$
4. $q/d = r$
5. $n + r = a$

1. $b + e = s$
2. $s \cdot c = t$
3. $t/d = a$

II.2. Grob- und Feinstruktur des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen

Da die Eigenschaften einer Datenverarbeitungsanlage, die ihr Leistungsvermögen charakterisieren, bestimmten Teil- und Hauptaggregaten zugeordnet sind, kann man die Eigenschaften nach Hauptaggregaten (einschließlich ihren Teilaggregaten) gruppieren. Mit der Nennung eines Hauptaggregates verbindet sich dann eine bestimmte Gruppe von Eigenschaften quantitativen und qualitativen Leistungsvermögens.

Zur Beantwortung mancher Fragen genügt es zu wissen, daß bestimmte Hauptaggregate, also bestimmte Gruppen von Eigenschaften vorhanden sind. Die Aufzählung der einzelnen Eigenschaften mit ihren technischen Werten ist dabei nicht erforderlich.¹⁾

Somit lassen sich alle Eigenschaften, die das quantitative und qualitative Leistungsvermögen von Datenverarbeitungsanlagen kennzeichnen, nach zwei Gesichtspunkten angeben.

Erster Gesichtspunkt: Man zählt jede Eigenschaft mit ihrer technischen Größe auf. Eine derartige detaillierte Aufzählung sei als Feinstruktur des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen bezeichnet.

Zweiter Gesichtspunkt: Man nennt nur die Hauptaggregate und versteht unter jedem Hauptaggregat eine Summe von spezifischen Eigenschaften, ohne deren technische Größe zu kennen. Eine derart "grobe" Aufzählung sei als Grobstruktur des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen bezeichnet.

1) Beispiel: Um die Frage beantworten zu können, ob mit einer Datenverarbeitungsanlage Sortierverfahren mit Magnetbandgeräten durchgeführt werden können, genügt es zu wissen, daß beispielsweise vier Magnetbandgeräte an die Anlage angeschlossen sind. Die Zeichendichte der Speicherung und damit das Fassungsvermögen an Daten der Magnetbänder (ihr qualitatives Leistungsvermögen) sowie die Kenntnis der Schreib- und Lesegeschwindigkeit (also ihres quantitativen Leistungsvermögens) benötigt man zur Beantwortung dieser Frage nicht.

Für verschiedene Betrachtungen hat eine Beschränkung der Sicht auf die Grobstruktur des Leistungsvermögens, auf die Gliederung der Anlage nach ihren Hauptaggregaten, sogar Vorteile. Da Datenverarbeitungsanlagen in der Vielzahl der Fälle nur in Miete genommen werden, bauen manche Hersteller in die Hauptaggregate Zeitzähler ein, mit deren Hilfe die Nutzungsdauer der einzelnen Hauptaggregate gemessen wird.¹⁾ Entsprechend der vom Zeitzähler gemessenen Nutzungsdauer erfolgt in manchen Fällen die monatliche Mieteabrechnung. Besteht ein mit einem Zähler ausgerüstetes Hauptaggregat aus mehreren Teilaggregaten, für die je ein gesonderter Mietvertrag abgeschlossen wird und die auch einen eigenen Mietpreis haben, so dient in der Regel die Zeitzählung des in das Hauptaggregat eingebauten Zeitzählers auch als Basis für die Mieteberechnung der Teilaggregate.²⁾ Die Frage, was ist ein Hauptaggregat und was ist ein Teilaggregat, kann in erster Linie nur durch willkürliche Abgrenzung beantwortet werden. Zudem kann man sich in gewissen Fällen an das Zählerkriterium halten und alles das zum Hauptaggregat erklären, was vom Hersteller mit einem Zähler ausgestattet ist.

Die Grundmiete für ein Hauptaggregat bezieht sich in der Regel auf eine Schicht, eine Grundzeit von beispielsweise

- 1) Zeitzähler in den Hauptaggregaten haben beispielsweise die Anlagen der IBM. Dagegen findet sich in einer Anlage, die dem Verfasser zeitweise zur Verfügung stand, vom Typ 315 RMC (Rod Memory Computer) der Firma NCR nur in der Zentraleinheit ein Zähler. Dieser Zähler mißt zwei verschiedene Zeiten, die beide von ihm angezeigt werden. Das sind die sogenannten Operate- und Compute-Zeiten. Operate-Zeit ist die Zeit, während der die Datenverarbeitungsanlage unter Strom steht, gleichgültig ob sie arbeitet oder nicht. Compute-Zeit ist jene Zeit, in der ein Datenverarbeitungsprozeß stattfindet. Dabei wird die Zeit vom Start eines Prozesses bis zu seinem Ende gezählt. Diese Zeit ist Grundlage für die Mieteberechnung.
- 2) Beispiel: Die Zentraleinheit ist als Hauptaggregat mit einem Zeitzähler ausgerüstet. Die in der Zentraleinheit enthaltenen Teilaggregate, wie zum Beispiel Hauptspeicher, Gleitkommaarithmetik, haben keinen eigenen Zähler. Die Mieteberechnung erfolgt für die Zentraleinheit und die Teilaggregate auf der Basis des Zählers der Zentraleinheit.

182 Stunden pro Monat.¹⁾ Diese Schicht ist voll zu bezahlen, unabhängig davon, ob sie ausgenutzt wird oder nicht. Wird die Anlage im Monat mehr als die angenommenen 182 Stunden benutzt, so ist für jede Stunde Überzeit eine zusätzliche Stundenmiete zu entrichten. Diese zusätzliche Stundenmiete beträgt nur einen Bruchteil, beispielsweise 30 % oder 10 % der Grundmiete, wenn man diese Grundmiete auf die Grundzeit von 182 Stunden umrechnet.²⁾ Die Zählermessung kann keine Aussage darüber machen, wie das quantitative und das qualitative Leistungsvermögen des betreffenden Aggregates während der Meßdauer ausgenutzt wurden. Die Zählermessung läßt lediglich erkennen, daß für eine gewisse Zeit das betreffende Hauptaggregat für eine Nutzung belegt war.

Verwendet man bei Beschränkung der Sicht auf die Grobstruktur der Anlage ihre (beispielsweise mit dem Zähler gemessene) Belegungszeit als Angabe für ihre Nutzung, bedient man sich eines Zeitmaßstabes, wie er in der Praxis häufig bei Aggregaten industrieller Fertigung angewendet wird. Die

- 1) Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.): Systemvergleich elektronischer Datenverarbeitungsanlagen, Köln 1966. Die Schrift weist die verschiedenen Mietbedingungen der Anlagen in vergleichender Übersicht aus. Vgl. dazu als Besonderheit B e c k e r, H.: Die Marktphilosophie von UNIVAC, in: Die Lochkarte, Jg. 30 (1966), H. 200, S. 9.

- 2) Ein Rechenbeispiel soll den Zusammenhang verdeutlichen:
- | | |
|------------------------|---------------------------|
| Grundmiete | = 36.400.-- DM/Monat |
| Grundzeit | = 182 Stunden/Monat |
| Überstundenfaktor | = 0,30, also 30 % |
| gearbeitete Gesamtzeit | |
| im betreffenden Monat | = 273 Stunden |
| also Überstunden | = 273 - 182 = 91 Stunden. |
- Dann errechnet sich die zu zahlende zusätzliche Miete für die Überstundenzeit von 91 Stunden auf einer Preisbasis von 30 % der Grundmiete (bezogen auf die Grundzeit):

$$\begin{aligned} \text{Zusätzliche Miete} &= \\ &= \frac{36.400.--}{182} \cdot 0,3 \cdot 91 = 200 \cdot 0,3 \cdot 91 \end{aligned}$$

$$\text{Zusätzliche Miete} = 5.460.-- \text{ DM.}$$

Im Beispiel kostet die zusätzliche halbe Schicht von 91 Stunden nur 5.460.-- DM, während für die ganze Schicht 36.400.-- DM zu bezahlen sind.

Kategorie der Zeitmaßstäbe (im Gegensatz zu Mengenmaßstäben) dient meist für Aufwands- und Verbrauchsmessungen an Betriebsmitteln oder menschlichen Arbeitskräften.¹⁾

II.3. Verluste einzelner Leistungskomponenten des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen

Die Beschäftigungs- oder Belegungszeit von Datenverarbeitungsanlagen ist wie die von Aggregaten industrieller Produktion durch Arbeitsruhe an Sonn- und Feiertagen, durch technische Störungen der Anlage, durch Energieausfall oder höhere Gewalt begrenzt. Kern weist für industrielle Fertigungskapazitäten auf dadurch gegebene Verluste hin. Sie werden - speziell mit Blick auf das quantitative Leistungsvermögen - als Beschäftigungsverluste bezeichnet²⁾ und sind bei Datenverarbeitungsanlagen entsprechend wie bei industriellen Fertigungskapazitäten meßbar.

Zu den Beschäftigungsverlusten kommen Verluste durch ungenügende Nutzungsintensität während der Dauer der Leistungsabgabe. Man spricht - wieder speziell bezogen auf das quantitative Leistungsvermögen - von Intensitätsver-

1) Vgl. dazu K e r n , W.: Die Messung ..., a.a.O., S. 159. "Zeitmaßstäbe sind gewissermaßen mit dem Zeitfaktor gewichtete Mengenmaßstäbe. Mit Zeitmaßstäben können in der Regel ... nur die Beschäftigungsmöglichkeit und die Beschäftigung selbst gemessen werden, nicht aber die Leistungsintensität ... Dies wäre bloß möglich, wenn dafür Sorge getragen wird, daß keinerlei Leistungsschwankungen auftreten können und für die Kapazitätsausnutzung der effektive Leistungsgrad demjenigen entspricht, der bei der Kapazitätsermittlung zugrunde gelegt wurde."

Vgl. dazu die folgenden Ausführungen im Abschn. II.4. Maßstabsfragen für die Bestimmung des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen.

2) K e r n , W.: Die Messung ..., a.a.O., S. 141 und 142.

lusten.¹⁾ "Eine dritte Gruppe von Ursachen läßt sich nicht einwandfrei einer dieser beiden Kategorien zuweisen. Ihre Zurechnung ist vielmehr abhängig von der Länge des kurzfristigen Erfassungszeitraumes. So sind zum Beispiel die zweite und dritte Schicht, die Mittagspause, Rüst- und Wartungszeiten Beschäftigungsverluste, wenn der Erfassungszeitraum nur eine Stunde beträgt oder sogar noch kürzer ist. Bei täglicher Messung sind es dagegen Intensitätsverluste."²⁾

Während sich Beschäftigungsverluste bei Datenverarbeitungsanlagen in der Regel ohne besondere Probleme meßtechnisch feststellen lassen, ist die Messung von Intensitätsverlusten schwieriger.

Eine der Schwierigkeiten liegt in der bereits angeschnittenen Fragestellung, was als technisches Leistungsvermögen - speziell als quantitative technische Nennleistung - angesehen werden kann.³⁾

Für die folgende Betrachtung dieser Zusammenhänge sei das Leistungsvermögen einer Datenverarbeitungsanlage in einzelne quantitative und qualitative Leistungskomponenten zerlegt.

II.3.1. Verluste durch alternativ auftretende Leistungskomponenten

Die Hersteller von Datenverarbeitungsanlagen geben für alle Haupt- und Teilaggregate das technische quantitative und qualitative Leistungsvermögen aller Leistungskompo-

1) K e r n , W.: Die Messung ..., a.a.O., S. 142.

2) K e r n , W.: Die Messung ..., a.a.O., S. 142.

3) K e r n , W.: Die Messung, a.a.O., S. 4.

Kern weist auf ein ähnliches Problem bei industriellen Fertigungskapazitäten hin: "Das technische Leistungsvermögen eines Betriebsmittels (Nennleistung) ist zwar meist bekannt, nicht aber das Leistungsvermögen im Betriebsprozeß, bei dem nicht mehr die optimalen Arbeitsbedingungen wie auf dem Prüfstand der Hersteller gelten."

nenten als Nennleistung an. Sämtliche Leistungskomponenten tragen zum Leistungsvermögen der Gesamtanlage bei. Da jedoch jedes Haupt- und Teilaggregat ein ihm und nur ihm eigentümliches, in jeweils verschiedenen technischen Einheiten meßbares quantitatives und qualitatives Leistungsvermögen besitzen kann, lassen sich die einzelnen Leistungskomponenten einer Datenverarbeitungsanlage ebensowenig algebraisch addieren wie die einzelnen Kapazitätskomponenten eines industriellen Fertigungsbetriebes. Man kann sich ein derart komplexes Leistungsvermögen als n -dimensionalen Vektor vorstellen¹⁾, der sich aus den einzelnen Leistungskomponenten aller Haupt- und Teilaggregate zusammensetzt.

Je nach Abgrenzung der Leistungskomponenten untereinander können sich jedoch einzelne von ihnen gegenseitig ausschließen, beispielsweise die verschiedenen arithmetischen Operationen. So kann eine Datenverarbeitungsanlage innerhalb eines entsprechend kurzen Zeitraumes entweder nur eine Addition oder nur eine Subtraktion oder eine beliebige andere arithmetische Operation ausführen.²⁾

1) Wie beispielsweise häufig bei Fertigungskapazitäten, die im Rahmen der linearen Planungsrechnung als Vektorgößen behandelt werden.

2) Viele elektronische Datenverarbeitungsanlagen können - vom technischen Vorgang der Recheneinheit her gesehen - nur Additionen ausführen. Soll eine Subtraktion ausgeführt werden, so wird im technischen Ablauf eine Addition des komplementären (zu 10 ergänzenden) Subtrahenden ausgeführt und der Überlauf gestrichen. Beispiel: $7 - 4 = 3$. Diese Aufgabe wird wie folgt gerechnet: $7 + 6 = 13 \rightarrow 3$, wobei die überlaufende 1 gestrichen ist. - Die Multiplikation wird auf eine fortgesetzte Addition, die Division auf eine fortgesetzte Subtraktion zurückgeführt. Andere elektronische Datenverarbeitungsanlagen führen die Multiplikation und Division durch Unterprogramme oder durch fest eingebaute Zusatzschaltungen durch. (Forts. d. Anm. auf S. 57)

Sich gegenseitig ausschließende oder alternativ auftretende Leistungskomponenten - wie beispielsweise die geschilderten arithmetischen Operationen - bewirken je nach Meßzeitraum Intensitäts- oder Beschäftigungsverluste.

II.3.2. Verluste durch den Zwangsablauf des Programms

Der größte Teil der Verluste einzelner Leistungskomponenten ist durch den Zwangsablauf der Datenverarbeitungsprogramme bedingt. Im Programm einer Datenverarbeitungsanlage sind die einzelnen Programmschritte und die mit ihnen angesprochenen Leistungskomponenten in ihrer Reihenfolge festgelegt.¹⁾ Jede in einer Datenverarbeitungsanlage vor-

(Forts. d. Anm. 2 von S. 56):

Vgl. dazu F u t h , H.: Elektronische Datenverarbeitungsanlagen, Bd. I, a.a.O., S. 107 und 108, B i l l e t e r , E.: Der praktische Einsatz ..., a.a.O., S. 51 ff.

Eine Darstellung der wesentlichsten technischen Funktionen des Rechenwerkes gibt

W a l k e r , B.S.: Einführung in die Computer-Technik, a.a.O., S. 187 ff.

Von außen betrachtet können die arithmetischen Operationen als einzelne verschiedene Leistungskomponenten gewertet werden, die jeweils ihre spezifische Leistung abgeben. Es lassen sich auch die geschilderten einzelnen Leistungskomponenten zu Gruppen zusammenfassen; beispielsweise alle arithmetischen Operationen oder alle logischen Operationen zu jeweils einer Leistungskomponente, was der technischen Realität im Rechenwerk am nächsten kommt.

1) Vgl. hierzu beispielsweise

W a l k e r , B.S.: Einführung in die ..., a.a.O., S. 155 ff.

F u t h , H.: Die Technik der elektronischen Datenverarbeitung, Hardware - Software, München - Wien 1970, S. 54 ff.

B l a u w , G.A., B r o o k s Jr., F.P.: Überblick über die Maschinenlogik - Teil I von: Aufbau des Systems /360. Aus dem Englischen übersetzt und von der IBM herausgegeben 1965 als deutscher Sonderdruck von: IBM Systems Journal, Bd. 3, Nr. 2, 1964. - In der deutschen Ausgabe S. 3 - 23, insbesondere S. 13.

handene Leistungskomponente trägt also nur fallweise für kurze Zeitabschnitte zur Gesamtleistung bei. Unterstellt man beispielsweise 100 verschiedene einzelne Leistungskomponenten mit gleichem Zeitverbrauch für ihren Leistungsvollzug und mit gleicher relativer Häufigkeit ihres Auftretens, kann im Verlaufe eines Programmablaufs von jeder Leistungskomponente nur 1/100 ihrer technischen Nennleistung genutzt werden. Die restlichen nicht genutzten 99/100 des Leistungsvermögens der einzelnen Komponenten treten in diesem Beispiel, für den Gesamtzeitraum gesehen, als Intensitätsverluste auf.¹⁾ So muß beispielsweise ein Magnetplattenaggregat A, das verarbeitete Daten von einem Magnetplattenaggregat B übernehmen soll, so lange warten, bis die jeweilige Dateneinheit verarbeitet ist und zur Übernahme bereit steht.

In der Ausdrucksweise der industriellen Produktion, insbesondere des REFA, entspricht dieses Warten auf die nächste verarbeitete Dateneinheit einem "ablaufbedingten Unterbrechen der Nutzung" eines Betriebsmittels und ist Bestandteil der Brachzeit.²⁾

II.3.3. Verluste durch den Auf- und Abbau externer dynamischer Einrichtungen

Aus der Sicht der Verluste soll an dieser Stelle nochmals der zeitliche Ablauf von Datenverarbeitungsprozessen betrachtet werden. Einerseits wird er durch den Auf-

1) Bei diesem vereinfachten Beispiel ist vernachlässigt, daß sich Leistungskomponenten peripherer Hauptaggregate beim Leistungsvollzug zeitlich überschneiden können. Vgl. dazu die folgenden Ausführungen.

2) Vgl. dazu REFA (Hrsg.): Methodenlehre ..., a.a.O., Teil 2, S. 45 ff, insbes. das Beispiel Nr. 3, S. 59. Die Brachzeit t_b setzt sich zusammen aus der Summe aller Zeiten für ablaufbedingte Unterbrechungen der Nutzung $\sum t_{BA}$ und für erholungsbedingte Unterbrechungen der $\sum t_{BE}$ Nutzung $t_b = \sum t_{BA} + \sum t_{BE}$ (S. 49).

und Abbau elektromagnetischer Potentiale, durch elektromagnetische Elementarprozesse¹⁾, andererseits durch den Auf- und Abbau mechanisch bedingter Potentiale bestimmt. Dabei werden viele der elektromagnetischen Elementarprozesse oder Gruppen derartiger Elementarprozesse durch den Auf- und Abbau mechanisch bedingter externer dynamischer Einrichtungen vorbereitet. In einigen Fällen wird die mechanisch bedingte externe dynamische Einrichtung nur einmal zu Beginn des gesamten Datenverarbeitungsprozesses auf- und an seinem Ende wieder abgebaut. In anderen Fällen, und diese interessieren in den folgenden Untersuchungen besonders, wird sie während des Gesamtprozesses häufig auf- und abgebaut.²⁾³⁾

Während die elektromagnetischen Elementarprozesse für die elektronischen Funktionen und diese dadurch ebenfalls mit relativ hohen Geschwindigkeiten verlaufen, vollzieht sich der die elektronischen Funktionen vorbereitende Aufbau mechanisch bedingter externer dynamischer Einrichtungen nur zögernd. Das führt für die einzelnen quantitativen Leistungskomponenten der Datenverarbeitungsanlage je nach den Verhältnissen im Zusammenspiel elektronischer und mechanischer Funktionen zu dem bereits dargelegten unterschiedlichen Leistungsvermögen.⁴⁾ Auf diese Unterschiede

- 1) In erster Linie die Impulse der digital arbeitenden Datenverarbeitungsanlagen.
- 2) Als Beispiele für das einmalige Auf- und Abbauen mechanisch bedingter externer dynamischer Einrichtungen sei die bereits eingangs erwähnte (S. 23) konstant über den gesamten Datenverarbeitungsprozeß aufrechterhaltene Umdrehungsgeschwindigkeit der Magnetplatten und Magnettrommeln genannt. Als Beispiele für einen häufigen Auf- und Abbau derartiger Einrichtungen seien die bereits erwähnten Einlesevorgänge von Lochkarten, optisch lesbaren Belegen und von Magnetbändern angeführt.
- 3) Diese Vorgänge entsprechen ähnlichen Vorgängen bei industriellen Fertigungsprozessen, bei denen beispielsweise für einen Drehvorgang auf einer Drehbank das Werkstück eine konstante Drehgeschwindigkeit erhält oder für einen Hebelvorgang das Werkzeug laufend Beschleunigungen und Bremsungen ausgesetzt ist. Vgl. dazu E l l i n g e r , Th.: Ablaufplanung, a.a.O., S. 24 ff.
- 4) Vgl. dazu die Zahlenbeispiele in Abschnitt VI.2.

weist bereits 1959 Strachey hin und zieht daraus wichtige Konsequenzen für die künftige Entwicklung.¹⁾

Durch den sich relativ langsam vollziehenden, häufigen Auf- und Abbau verschiedener externer dynamischer Einrichtungen entsteht für den Datenverarbeitungsprozeß ein vorwiegend technologisch-wirtschaftlich bedingter Zwang zur zeitlichen Konzentration des Ablaufs.²⁾ Dabei kommt es darauf an, daß mit einer einmal aufgebauten externen dynamischen Einrichtung, mit einem einmal erreichten dynamischen Potential eine möglichst große Anzahl elektronischer Funktionen ausgeführt wird. So ist beispielsweise in der Datenaufnahmephase bei Verwendung von Lochkarten dann die größtmögliche zeitliche Konzentration des Ablaufs erreicht, wenn alle auf einer Lochkarte vorgesehenen Spalten mit Daten besetzt sind und die Daten nicht nacheinander aufgenommen werden oder wenn in der Datenabgabephase die Druckzeilen des Druckaggregates in ihrer vollen Breite ausgenutzt werden und die auszudruckenden Daten nicht auf viele Zeilen verteilt werden. Bei Magnetbandgeräten steigt die zeitliche Konzentration des Ablaufs für den Lese- und Schreibvorgang³⁾ mit wachsender Länge des physischen Bandsatzes.⁴⁾

-
- 1) S t r a c h e y , C.: Time Sharing in Large Fast Computers, in: Information Processing, UNESCO, Paris 1959, S. 336 - 341.
 - 2) Im Gegensatz zur naturgesetzlich bedingten Konzentration. Vgl. dazu
E l l i n g e r , Th.: Ablaufplanung, a.a.O., S. 32 ff.
 - 3) Die Übernahme der Daten vom Magnetband in den Hauptspeicher wird als Lese- und der umgekehrte Vorgang als Schreibvorgang bezeichnet.
S c h n e i d e r , C.: Datenverarbeitungslexikon, a.a.O., Stichwort "Lesen" und "Schreiben".
 - 4) Physischer Bandsatz im Gegensatz zu logischem Bandsatz. Ein physischer Bandsatz ist diejenige Datenmenge, die mit einem einmal erreichten dynamischen Potential gelesen oder geschrieben wird. Zwischen zwei physischen Bandsätzen ist auf dem Magnetband eine unbeschriebene Start-Stop-Lücke. Die Start-Stop-Lücke ergibt sich aus dem Beschleunigungs- und Bremsvorgang des Magnetbandes. - Ein physischer Bandsatz kann aus mehreren logischen (Forts. d. Anm. auf S. 61)

Eine besondere Form zeitlicher Konzentration des Ablaufs ist für den Datenverarbeitungsprozeß durch die Simultanarbeit verschiedener Hauptaggregate gegeben.¹⁾ Dabei ist unter Simultanarbeit zweierlei zu verstehen. Einerseits werden simultan zum Auf- und Abbau externer dynamischer Einrichtungen von peripheren Aggregaten möglichst viele elektronische Operationen in der Zentraleinheit ausgeführt, andererseits werden verschiedene dynamische Einrichtungen simultan auf- und abgebaut. So kann beispielsweise simultan zu einem Einlesevorgang mit Lochkarten ein Druckvorgang stattfinden, sofern die Datenverarbeitungsanlage über sogenannte Pufferspeicher²⁾ und die entsprechenden Ein- und Ausgabekanäle³⁾ für den Datenverkehr verfügt. Die Datenmengen, die mit Lochkarten pro Zeiteinheit eingelesen werden können, unterscheiden sich jedoch in manchen Fällen erheblich von den Datenmengen, die pro Zeiteinheit ein Druckaggregat in der Lage ist auszudruk-

Forts. s. Anm. 4 von S. 60:

Bandsätzen bestehen. Logische Bandsätze sind beispielsweise einzelne Personenkonten, Kundenkonten, Kostenstellenkonten o.ä.

- 1) Zum Begriff der Simultanarbeit vgl. beispielsweise W a l k e r , B.S.: Einführung in die Computer-Technik, a.a.O., S. 250 ff.
F u t h , H.: Elektronische Datenverarbeitungsanlagen ..., a.a.O., S. 124.
- 2) W a l k e r , B.S.: Einführung in die Computer-Technik, a.a.O., S. 250 ff.
- 3) Ein Kanal hat gewisse Funktionen, die der Zentraleinheit entsprechen. So ist er in der Lage, den Übertragungsvorgang von der Zentraleinheit zu einem peripheren Aggregat und umgekehrt mit einem eigenen Programm zu steuern. Die Zentraleinheit stößt diesen Vorgang lediglich an, der vom Kanal selbständig durchgeführt wird. Am Ende des Übertragungsvorganges meldet der Kanal der Zentraleinheit die Beendigung seiner Arbeit. Im Grunde ist der Kanal ein selbständiger kleiner Computer, der jedoch auf Ein- und Ausgabeprogramme spezialisiert ist. Vgl. dazu
G e r m a i n , C.B.: Das Programmier-Handbuch der IBM /360. Aus dem Amerikanischen übertragen von A. und R. Gritsch, 2. Aufl., München 1970, S. 95 f.

ken.¹⁾ Aus diesem Grunde lassen sich durch die Simultanarbeit nicht sämtliche Verluste aus dem Auf- und Abbau externer dynamischer Einrichtungen vermeiden. Es bleiben Verluste, die umso geringer sind, je besser die Aggregate in ihrem zeitlichen Ablauf aufeinander abgestimmt sind.²⁾ Jedoch selbst bei vollständiger Abstimmung des Ablaufs aller Aggregate aufeinander bleiben Restverluste. Diese Restverluste entstehen u.a. deswegen, weil die Steuerstelle der Zentraleinheit erst die eine und danach die andere Leistungskomponente ansprechen kann. Damit entstehen also gewisse Wartezeiten für die einzelnen Hauptaggregate.³⁾

II.4. Maßstabsfragen für die Bestimmung des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen

Aussagen über das Leistungsvermögen einzelner Aggregate von Datenverarbeitungsanlagen auf der Basis von Angaben der Herstellerfirmen ergeben somit kein befriedigendes Bild von der im Betriebsprozeß erreichbaren realen Leistung. Nicht so sehr die technische Nennleistung der einzelnen Aggregate, sondern in besonderem Maße das durch das Programm gegebene organisatorische Zusammenspiel aller Leistungskomponenten bestimmt das Leistungs-

1) Vgl. dazu das Zahlenbeispiel unter VI.2.

2) Vgl. Th ü r i n g , B.: Einführung in die Methoden ..., a.a.O., S. 164 f. Vgl. dazu auch M c C r a c k e n , D., W e i s s , H., L e e , T.: Programming Business Computers, New York - London 1959, S. 194.

3) Auch bei idealer Abstimmung und Pufferung entstehen Restverluste in der Simultanität. Vgl. dazu C a l i n g a e r t , P.: System Performance Evaluation: Survey and Appraisal. Communications of the ACM, Vol. 10, 1967, S. 12 - 18, insbesondere S. 16 f.

vermögen einer Datenverarbeitungsanlage. Bereits Speiser¹⁾ und Niederberger²⁾ weisen auf diesen Zusammenhang besonders hin. Will man demnach Leistungsmessungen bei Datenverarbeitungsanlagen durchführen, muß man das Zusammenspiel der Leistungskomponenten im Betriebsprozeß berücksichtigen. Zudem wird dafür eine praktisch anwendbare Meßmethode, also ein praktischer Maßstab, benötigt.

Nach Kern gibt es keinen generell gültigen Maßstab, mit dem das Leistungsvermögen von Aggregaten industrieller Fertigung gemessen werden kann. Hierbei sind die Besonderheiten der Leistungserstellung, die Art und Zusammensetzung des Produktionsprogrammes und die Ausrüstung des Betriebes zu berücksichtigen.³⁾ Unter den Gesichtspunkten Brauchbarkeit, Erfäßbarkeit und Repräsentationsfähigkeit stellt Kern sechs Bedingungen auf, die die Maßstäbe für das Leistungsvermögen von Aggregaten industrieller Produktion erfüllen müssen.⁴⁾ In erster Linie kann der Maßstab für das Leistungsvermögen und die im Leistungsvollzug abgegebene Leistung nur das Leistungsergebnis, das Erzeugnis selbst sein. Das gilt für Aggregate industrieller Pro-

1) S p e i s e r , A.P.: Digitale Rechenanlagen - Grundlagen, Schaltungstechnik, Arbeitsweise, Betriebssicherheit, Berlin - Göttingen - Heidelberg 1961, S. 386.

2) N i e d e r b e r g e r , A.: Leistungsanalyse ..., a.a.O., S. 29.

3) K e r n , W.: Die Messung ..., a.a.O., S. 153.
Damit sind für die Messung des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen und seiner Ausnutzung gleiche Probleme gegeben wie für die Messung industrieller Fertigungskapazitäten und deren Ausnutzung.

4) K e r n , W.: Die Messung ..., a.a.O., S. 154.
Kurzgefaßt besagen die sechs Grundsätze, daß der gewählte Maßstab für die Messung des Leistungsvermögens und auch der Nutzung des Leistungsvermögens verwendet werden kann und daß er beide ausreichend kennzeichnet. Der Maßstab soll einerseits sämtliche Faktoren berücksichtigen, die das Leistungsvermögen bestimmen, andererseits darf er keine Faktoren mit erfassen, die mit der Leistung und ihrer Änderung nicht im Zusammenhang stehen. Größe und Nutzung des Leistungsvermögens sollten mit dem Maßstab mit vertretbarem Aufwand erfaßt werden können. Der Maßstab soll Vergleiche und Additionen erlauben.

duktion wie für Datenverarbeitungsanlagen, worauf bereits eingangs hingewiesen wurde. Werden verschiedene Prozeßzeugnisse wechselnd erstellt, entsteht die Schwierigkeit, ein zweckmäßiges Erzeugnis oder eine zweckmäßige Erzeugnisgruppe als Maßstab auszuwählen.

Neben dem Erzeugnis als Maßstab für die abgegebene Leistung eines Aggregates industrieller Fertigung werden aus Gründen der Wirtschaftlichkeit bei der Messung oder, um überhaupt meßtechnisch das Leistungsvermögen erfassen zu können, andere Maßstäbe ausgewählt. Kern nennt für Aggregate industrieller Fertigung als weitere Möglichkeiten Messungen in Zeiten, Werten oder Rechnungseinheiten. Läßt sich das Leistungsergebnis auch damit nicht messen, bietet sich dessen indirekte Messung am Leistungsaufwand, am Verbrauch an. Auch hierbei kann in Mengen, Zeiten, Werten oder Rechnungseinheiten gemessen werden. Für den Produktionsprozeß gibt Kern in einer Übersicht¹⁾ derartige Maßstabsarten an, von denen einige auch für den Datenverarbeitungsprozeß verwendet werden können. Andere haben für ihn keine Bedeutung, beispielsweise der Energieverbrauch. In leicht vereinfachter Form und mit einigen für den Datenverarbeitungsprozeß beschränkt²⁾ möglichen Maßstäben ergänzt ist die Übersicht von Kern in Tafel Nr. 1 wiedergegeben. Die für den Datenverarbeitungsprozeß zugefügten Maßstäbe sind mit einem "+" versehen.

Für die Messung des Leistungsergebnisses in Mengen kommen beispielsweise in Betracht die Anzahl der ausgeführten Berechnungen, der ausgedruckten oder anderweitig abgegebenen Daten, der gedruckten Zeilen. Soll das Leistungsergebnis in Rechnungseinheiten gemessen werden, kommen Standardaufgaben in Betracht, worauf im folgenden eingegangen wird. Zu den Hilfsmaßstäben für die Messung des Leistungsaufwands gehören die absoluten oder in Rechnungseinheiten

1) K e r n , W.: Die Messung ..., a.a.O., S. 156.

2) Vgl. S. 34 f.

Messung an	Mengen	Zeiten	Werte	Rechnungseinheiten
Leistungs- Erzeugnis	Stück, Gewicht, Vo- lumen, Flächen, Längen, kWh, Po- stanzahl, +Berech- nungen, +abgegebene Daten, +Druckzeilen		Umsatz, Selbstkosten, Herstellkosten, Proport. Kosten, Verrechnungspreise, Nettoproduktions- wert	Gewichtete Lei- stungseinheiten, (Normalproduktion, Normalpaare usw.) Normaufgaben der Datenverarbeitung
Rohstoffein- satz	Stück, Gewicht, Vo- lumen, +aufgenomme- ne Daten		eff. Materialkosten, Verrechnungspreise für Fertigungs- material	Rohstoffeinsatz bzw. +Informations- aufnahme in Mengen gewichtet
Energiever- brauch	kWh, kcal, Ver- brauch an Treib- stoff, Dampf usw. nach Gewicht oder Volumen		eff. Energiekosten, Verrechnungspreise für Energie- kosten	mit Heizwerten ge- wichteter Energie- verbrauch in Ge- wichts- oder Volu- meneinheiten
Eingesetzte Betriebs- mittel oder Aggregate	Anzahl der Be- triebmittel, Fassungsvolumen in cbm, qm usw.,	Betriebsmittel- stunden (Lauf- zeiten) +Compute-Zeiten +Operate-Zeiten	eff. Maschinen- stundenkosten, Verrechnungspreise für Maschinen- stunden	mit Abschreibungs- beträgen, +Mieten oder sonst. Fakto- ren gewichtete Ma- schinenstunden
Eingesetzte Arbeitskräfte	Arbeiterzahl, Angestelltenzahl, Belegschaftsstärke, Arbeitsplatzzahl	Betriebszeit Arbeitszeit, Fertigungszeit, Akkordzeit	Löhne, Fertigungslohne Akkordlohne	Produkte aus Ma- schinen- und Ar- beitsstunden Gewichtete Mengen- oder Zeitmaßstäbe

Maßstabarten für das Leistungsvermögen von Aggregaten der industriellen Produktion bzw. Daten-
verarbeitung. (Das stark umrandete Feld umfaßt die ursprünglichen Maßstäbe, die anderen Felder
die Hilfsmaßstäbe), aus: Kern, W.: Die Messung ..., a.a.O., S. 156 (Abgewandelte Tabelle).
+ = zugefügte Maßstäbe).

gewichteten Mengen der aufgenommenen Daten. Weiterhin lassen sich die Arbeitszeiten der Aggregate als Compute- oder Operate-Zeiten sowie die Mieten als Maß des Leistungsaufwandes verwenden.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, mit Hilfe von Maßstäben, die an Mengen gebunden sind, ein im betrieblichen Leistungsvollzug erreichbares Leistungsvermögen von Datenverarbeitungsanlagen zu ermitteln und in einer einzigen Kennzahl auszudrücken. Bei diesen Versuchen, mit einer einzigen Kennzahl auszukommen, hat man sich in den meisten Fällen auf die Zentraleinheit beschränkt und alle anderen Hauptaggregate vernachlässigt. Dem stehen unter anderen die Untersuchungen von Niederberger¹⁾ und Kümmerle²⁾ gegenüber, die die Leistungsanalyse elektronischer Rechenanlagen jeweils auf die gesamte Anlage beziehen und sich nicht nur auf die Zentraleinheit beschränken. Bei seiner Untersuchung hat insbesondere Niederberger jedoch weniger das Leistungsvermögen der einzelnen Anlage als vielmehr ein durchschnittliches Leistungsvermögen von Gruppen von Datenverarbeitungsanlagen für bestimmte typische Einsatzgebiete im Auge. Niederberger ermittelt mit Hilfe mathematisch-statistischer Methoden durchschnittliche Leistungen und Korrelationen zwischen einzelnen Leistungskomponenten und gewinnt damit jeweils eine Reihe von Kenndaten. Auf diese Weise erarbeitet er gewisse signifikante Unterschiede zwischen Datenverarbeitungsanlagen, die für kaufmännisch-kommerzielle oder für allgemein wissenschaftliche

1) N i e d e r b e r g e r , A., Leistungsanalyse ..., a.a.O., insbesondere S. 81 ff.

2) K ü m m e r l e , K.: Charakteristische Größen ..., a.a.O.

Während Niederberger Anlagen der sogen. zweiten Generation untersucht, denen das Kennzeichen der simultanen Mehrfachausnutzung in moderner Form noch weitgehend fehlt, sucht Kümmerle charakteristische Größen und Kennzahlen zur Beschreibung der Leistungsfähigkeit und Effektivität von Datenverarbeitungsanlagen der sogen. dritten Generation herauszuarbeiten, die vorwiegend mit simultaner Mehrfachausnutzung eingesetzt sind, worauf später noch einzugehen sein wird. Vgl. Abschnitt II.5.3 und III.3.2

Zwecke und die ohne Beschränkung auf eine bestimmte Anwendung eingesetzt sind.¹⁾ In der Praxis wird jedoch der Leistungsvergleich zwischen einzelnen Anlagen mit Hilfe einer einzigen Kennzahl bevorzugt²⁾, zumal man sich meistens für eine bestimmte Anlage und nicht für eine nicht exakt definierbare Gruppe von Datenverarbeitungsanlagen interessiert.

Einige bekannte Versuche auf diesem Gebiet sollen im folgenden betrachtet werden.

II.5. Kennzahlen für das quantitative Leistungsvermögen von Zentraleinheiten

Durch den Zeitbedarf der einzelnen Operationen, mit denen eine Datenverarbeitungsanlage ihren Leistungsprozeß ausführt, ist die Grenze ihrer quantitativen Leistung festgelegt. Man wird von einer großen quantitativen Leistung sprechen, wenn der Zeitbedarf für eine bestimmte Aufgabe klein ist, und von kleiner quantitativer Leistung, wenn sich ein großer Zeitbedarf ergibt. Die Anzahl durchgeführter Aufgaben pro Zeiteinheit messen, heißt, wie bereits erwähnt, einen Mengenmaßstab für die Messung des Leistungsvermögens anwenden. Die Schwierigkeit liegt jedoch darin, aus der Vielfalt der möglichen Aufgaben einer Datenverarbeitungsanlage eine typische Aufgabe als Mengeneinheit auszuwählen. Auf zwei Wegen glaubt man, diese Schwierigkeit umgehen zu können.

1) N i e d e r b e r g e r , A.: Leistungsanalyse ..., a.a.O., S. 14.

2) Vgl. beispielsweise die Kennzahlen in den folgenden Veröffentlichungen:
L u t z , Th.: Der Rechnerkatalog - 100 Computer mit ihren Kenndaten, Stuttgart 1966.
S o n n l e i t n e r , G.: Leistungsvergleich elektronischer Datenverarbeitungsanlagen 1969/70. Als Manuskript gedruckt. Hrsg. Lohse, P., Informationsbüro der Datenverarbeitung.

Der eine Weg führt über eine mit relativen Häufigkeiten gewichtete Aufgabenmischung, die häufig als Aufgaben-Mix bezeichnet wird. Diese gewichtete Aufgabenmischung wird als Maßeinheit betrachtet. Der Zeitbedarf einer Datenverarbeitungsanlage zum Durcharbeiten dieser gewichteten Aufgabenmischung ergibt eine sogenannte Mixkennzahl.

Der andere Weg erfordert eine Analyse mehrerer für das Einsatzgebiet als repräsentativ angesehener Aufgaben, um die Häufigkeit der einzelnen vorkommenden Operationen zu ermitteln. Aus den ermittelten Operationen und ihren relativen Häufigkeiten wird eine fiktive Aufgabe, eine gewichtete Mischung von Operationen gebildet (Operationen-Mix). Der Zeitbedarf einer Datenverarbeitungsanlage zum Durcharbeiten dieser gewichteten Operationenmischung ergibt die Mixkennzahl. Die Rechnungseinheit ist dann beispielsweise der Zeitbedarf für 100 Operationen von einer entsprechend gewichteten Mischung. Bei Leistungsmessungen industrieller Produktionsaggregate gelten als Leistung Mengen pro Zeiteinheit, während - wie oben erläutert - bei der Angabe der Leistung einer Datenverarbeitungsanlage in Mixkennzahlen der Kehrwert verwendet wird, nämlich Zeitbedarf pro Mengeneinheit.¹⁾

Zur Erläuterung der gebräuchlichsten Mixkennzahlen sollen zwei von ihnen im einzelnen dargelegt, weitere nur kurz gestreift werden.²⁾

1) In der Ausdrucksweise der industriellen Produktion, insbesondere des REFA, wird der Zeitbedarf pro Mengeneinheit häufig als Stückzeit bezeichnet. Vgl. dazu REFA (Hrsg.): Methodenlehre ..., a.a.O., Teil 1, S. 83.

2) Eine Zusammenstellung von Mixkennzahlen verschiedener Art gibt
S o n n l e i t n e r , G.: Leistungsvergleich ..., a.a.O.

II.5.1. Kennzahlen vom Typ des Gibson-Mix¹⁾

Kennzahlen vom Typ des Gibson-Mix gehören zu jener Gruppe von Mixkennzahlen, die auf einem Operationen-Mix beruhen. Bei der Analyse repräsentativer Aufgaben (Programme) ergab sich für die wichtigsten Operationen folgende Häufigkeitsverteilung:²⁾

Zu- und Abspeichern	31,2 %
Indexregisterbefehle	18,8 %
Verzweigen-Testen	16,6 %
Gleitkommaaddition	6,9 %
Addieren/Subtrahieren	6,1 %
Sonderbefehle (-operationen)	5,3 %
Shiften	4,4 %
Gleitkommamultiplikation	3,8 %

Es soll hier lediglich die ursprüngliche Form des Gibson-Mix dargestellt werden. Die oben gekürzt wiedergegebene Operationenstruktur, die zur Berechnung des Gibson-Mix dient, ist aus technisch-wissenschaftlichen Programmen ermittelt. Das erkennt man auch an den Gleitkommaoperationen. Für Zentraleinheiten, die nicht mit Gleitkommaarithmetik ausgestattet sind, muß die oben angegebene Operationenstruktur modifiziert werden.³⁾

Betriebsmittel-Ausführungszeiten, die eine Datenverarbeitungsanlage für die einzelnen Operationen benötigt, werden

-
- 1) Gibson entwickelte diese Kennzahl speziell für die Beurteilung der Datenverarbeitungsanlage vom Typ IBM 709/7090. Der Gibson-Mix ist die älteste bekanntgewordene Kennzahl zur Beurteilung und zum Vergleich verschiedener Zentraleinheiten. Zitiert nach L u t z , Th.: Mixkennzahlen, in: BTA, Jg. 9 (1968), Juli, S. 332.
 - 2) Nach L u t z , Th.: Mixkennzahlen, a.a.O., S. 332 (gekürzt).
 - 3) Zu diesem Zweck kann man beispielsweise alle Gleitkommaoperationen aus der oben angegebenen Operationenstruktur eliminieren und den verbleibenden Rest wieder auf 100 % umrechnen. Vgl. L u t z , Th.: Mixkennzahlen, a.a.O., S. 333.

mit den oben genannten Häufigkeiten gewichtet addiert. Die so errechnete Gesamtverarbeitungszeit wird als Gibson-Mix bezeichnet.

Die Problematik des Gibson-Mix liegt u.a. darin, daß nicht alle Datenverarbeitungsanlagen über gleiche Operationen verfügen oder sogar für eine Operation zwei Varianten mit verschiedener Verarbeitungszeit zur Verfügung haben (zum Beispiel: Addition im Akkumulator und Addition in einem Register. Die Addition in einem Register kann unter Umständen schneller ablaufen als die Addition im Akkumulator.) Hält man sich an die festgesetzte Struktur der Operationen gemäß Methode des Gibson-Mix, muß man unter Umständen manche Operationen, die realiter vorhanden sind, vernachlässigen. Damit verliert der Gibson-Mix jedoch an Eindeutigkeit in der Aussage über das Leistungsvermögen der Zentraleinheiten von Datenverarbeitungsanlagen. Er hat den weiteren Nachteil, daß er auf die Länge der zu verarbeitenden Informationen keine Rücksicht nimmt. Die Länge der zu verarbeitenden Informationen beeinflußt aber unter Umständen stark die Verarbeitungszeit.

II.5.2. Kennzahlen vom Typ des GAMM-Mix¹⁾

Der GAMM-Mix ist nur für technisch-wissenschaftliche Probleme entwickelt worden und berücksichtigt nicht die anders gearteten kaufmännischen Programme.

Während man den Gibson-Mix mit Hilfe der oben angegebenen Häufigkeitstabelle aus den technischen Unterlagen einer Datenverarbeitungsanlage berechnen kann, muß man zur Ermittlung des GAMM-Mix Programme für die zu untersuchende

1) GAMM = Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik. Der GAMM-Mix wurde von einem Ausschuß dieser Gesellschaft entwickelt.

Datenverarbeitungsanlage schreiben und die Betriebsmittel-Ausführungszeiten der Programme messen.

Die folgende Darstellung des GAMM-Mix zeigt seine technisch-wissenschaftliche Orientierung.

Es sind für die folgenden fünf (mathematischen) Aufgaben, die als Standardaufgaben in technisch-wissenschaftlichen Problemen angesehen werden, die Programme in der betreffenden sogenannten Maschinsprache¹⁾ zu schreiben, die Betriebsmittel-Ausführungszeiten der Programme zu messen und die Meßergebnisse gemäß der angegebenen Formel gewichtet zu addieren:²⁾

- 1. Addiere zwei Vektoren mit je 30 Elementen. Die gemessene Verarbeitungszeit liefert die Zeit $t_{az/1}$.³⁾
- 2. Berechne das skaläre Produkt von zwei Vektoren mit je 30 Elementen. Die gemessene Verarbeitungszeit liefert die Zeit $t_{az/2}$.

1) Maschinsprache im Gegensatz zu einer höheren Programmiersprache.

2) o.V.: Fachbegriffe der Programmierungstechnik. Hrsg. Fachausschuß Programmieren der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik, Heft Nr. 326, München. Vgl. auch N i e d e r b e r g e r , A.: Leistungsanalyse ..., a.a.O., S. 75, und L u t z , Th.: Mixkennzahlen, a.a.O., S. 334.

3) Die folgenden Symbole für Zeitabschnitte sind in Anlehnung an die Schreibweise des REFA für Symbole von "Zeitarten" eines Betriebsmittels gebildet. Da REFA jedoch nur vom Betriebsmittel allgemein spricht, in den folgenden Ausführungen dagegen zwischen verschiedenen Hauptaggregaten des Betriebsmittels Datenverarbeitungsanlage unterschieden werden muß, können die REFA-Bezeichnungen nicht ungeändert übernommen werden. Es bedeutet folgend $t_{az/1}$ = die Betriebsmittel-Ausführungszeit der Zeitraineinheit für den Prozeß 1. Bei REFA gilt für die Betriebsmittel-Ausführungszeit im Sinne eines Prozesses das Symbol t_{ab} , wobei die Betriebsmittel-Ausführungszeit für die Verarbeitung sämtlicher zum Auftrag gehörenden Werkstücke genommen ist. Vgl. dazu R E F A (Hrsg.): Methodenlehre ..., a.a.O., Teil 2, S. 43 ff.

- 3. Berechne die Nullstellen eines Polynoms vom Grade 10 nach dem Hornerschema. Die gemessene Verarbeitungszeit liefert die Zeit $t_{aZ/3}$.
- 4. Bestimme das Maximum einer Zahlenfolge mit 100 Elementen. Die gemessene Verarbeitungszeit liefert die Zeit $t_{aZ/4}$.
- 5. Ziehe die Quadratwurzel nach der sogenannten Newtonschen Iteration für fünf Schritte. Die gemessene Verarbeitungszeit liefert die Zeit $t_{aZ/5}$.

Die Beziehung (1.1) ergibt den GAMM-Mix:¹⁾

(1.1)

$$T = \frac{1}{5} \left(\frac{t_{aZ/1}}{1 \cdot 30} + \frac{t_{aZ/2}}{2 \cdot 30} + \frac{t_{aZ/3}}{2 \cdot 10} + \frac{t_{aZ/4}}{2 \cdot 10} + \frac{t_{aZ/5}}{3 \cdot 5} \right)$$

Die Programme, deren Verarbeitungszeiten für die Bildung des GAMM-Mix zu messen sind, müssen - wie bereits gesagt - von den Programmierern in der sogenannten Maschinensprache geschrieben werden. Die Anwendung einer höheren Programmiersprache verfälscht die Meßergebnisse und damit die errechnete Kennzahl, weil das Übersetzungsprogramm nach einem einmal vorgegebenen Schema die (Maschinen-)Operationen auswählt und nicht auf den speziellen Fall Rücksicht nimmt, der sich unter Umständen durch eine Wahl zweckmäßigerer Operationen zeitgünstiger lösen ließe.²⁾

1) Als Mengeneinheit m im Sinne der auf S. 48, Anm. 1, genannten Beziehungen ist für jede der hier gestellten Aufgaben jeweils die Gesamtmenge aller benötigten Daten zu nehmen. Für die Aufgabe Nr. 1 sind also sämtliche 60 Elemente als Einheit nach einem Gesamtschema zu verarbeiten. Die Wahl der Einheit ist rein nach Zweckmäßigkeit ausgerichtet.

2) Höhere Programmiersprachen verwenden vorzugsweise Wörter der normalen Umgangssprachen in festgelegter, unter Umständen gekürzter Schreibweise. Den Wörtern liegt als Umgangssprache zumeist Englisch zugrunde. Die von der Datenverarbeitungsanlage aufgrund eines solchen "Befehles" auszuführende Arbeit, z.B. eine bestimmte Berechnung, erfordert jedoch realiter häufig mehrere Operationen. (Forts. d. Anm. auf S. 73)

Zusammenstellungen von Aufgaben, die den hier dargelegten ähnlich sind und die dazu dienen, Leistungskennzahlen von Zentraleinheiten zu bestimmen, werden auch Kernels genannt.¹⁾

II.5.3. Weitere Kennzahlen und Meßmöglichkeiten

Im Laufe der Zeit ist eine größere Anzahl weiterer Mixkennzahlen entwickelt worden, von denen jede eine begrenzte, auf bestimmte Einsatzgebiete der Datenverarbeitungsanlagen bezogene Brauchbarkeit hat. Auch hat man versucht, mehrere Kennzahlen durch deren gewichtete Addition oder Multiplikation zu einer einzigen Kennzahl zu kombinieren. Allen Kennzahlen haftet jedoch dasselbe Problem an: sie geben kein eindeutiges Bild des vorhandenen Leistungsvermögens einer Zentraleinheit und erst recht nicht von dem einer vollständigen Datenverarbeitungsanlage mit mehreren Hauptaggregaten. Aus diesem Grunde sollen einige der bekanntesten Mixkennzahlen zwar genannt, jedoch nicht näher beschrieben werden.

Der POWU-Mix²⁾ entspricht einem Operationen-Mix und ist aus der Analyse vorwiegend kommerzieller Aufgaben entstan-

(Fort. d. Anm. 2 von S. 72):
tionen. Alle Operationen zusammen ergeben also erst die mit einem Wort der Umgangssprache gewollte Arbeit. Aus diesem Grunde muß mit Hilfe eines Übersetzungsprogramms, eines Compilers, das in einer höheren Programmiersprache geschriebene Programm in die sogenannte Maschinensprache übersetzt werden. Ein Programm in Maschinensprache nennt alle Operationen einzeln, die zur Ausführung der geforderten Arbeit notwendig sind. Vgl. dazu *Th ü r i n g*, B.: Programmierung von Datenverarbeitungsmaschinen, a.a.O., S. 299, sowie *L u t z*, Th. und *H a u f f*, V.: Programmierfibel, a.a.O., S. 119 f, *N i e d e r b e r g e r*, A.: Leistungsanalyse ..., a.a.O., S. 23 f, *S c h m i t z*, P.: Programmiersprachen (Stichwort), in: HWO, Hrsg. E. Grochla, Stuttgart 1969, Sp. 1349 - 1358.

1) Vgl. dazu u.a. *H e i n r i c h*, L.J.: Computer-Bewertungsverfahren, Baden-Baden und Bad Homburg v.d.H., 1971, S. 33 f.

den. Er wurde in England für die englische Postverwaltung entwickelt. Der KGSt-Mix¹⁾ wird in zwei Varianten verwendet und ist ebenfalls vorwiegend aus kommerziellen Aufgaben entstanden. Er ist ein Operationen-Mix. Als weitere Mixkennzahlen sind zu erwähnen der Mix-I²⁾ und der Simplex-Mix³⁾, die ebenfalls Operationen-Mixkennzahlen sind. Aus der gewichteten Mischung mehrerer Mixkennzahlen ist der IBS-Mix⁴⁾ gebildet. Er existiert in zwei Varianten. Die eine Variante dient technisch-wissenschaftlichen, die andere kommerziellen Einsatzgebieten.

Über eine Normaufgabe als Mengenmaßstab berichtet Colville. Verglichen wurden die Zeiten, die einzelne Datenverarbeitungsanlagen zur Inversion einer 40 x 40 Matrix nach einem gemeinsam vorgegebenen Programm benötigten.⁵⁾

(Anm. 2 von S. 73:)

POWU = Post Office Work Unit. Entnommen aus
S o n n l e i t n e r , G.: Leistungsvergleich ...,
a.a.O., S. 12 f. Vgl. auch
K e r r y , D.W.: Choosing a Computer for the Post Office, in: Computer Bulletin Nr. 10, 1967.

- 1) KGSt = Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung, Köln. Entnommen aus
S o n n l e i t n e r , G.: Leistungsvergleich ...,
a.a.O., S. 18. Vgl. auch
Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.): Systemvergleich Elektronischer Datenverarbeitungsanlagen, Köln 1966.
- 2) S o n n l e i t n e r , G.: Leistungsvergleich ...,
a.a.O., S. 17 f.
- 3) S o n n l e i t n e r , G.: Leistungsvergleich ...,
a.a.O., S. 19 f.
- 4) S o n n l e i t n e r , G.: Leistungsvergleich ...,
a.a.O., S. 49 f.
- 5) C o l l v i l l e , A.R.: A comparative study of non-linear programming codes. IBM NYSC Report 320-2949. Vgl. auch K ü n z i , H.P.: Zum heutigen Stand der nichtlinearen Optimierungstheorie, in: Unternehmensforschung 1968, H. 1, S. 1 - 22, speziell S. 19. - Derartige Vergleiche dienen dazu, aus einer Vielzahl vorhandener Verfahren und Programme zur Lösung nichtlinearer Optimierungsaufgaben auf verschiedenen Datenverarbeitungsanlagen das wirkungsvollste Programm zu finden. Zu diesem Zweck muß der Einfluß der Datenverarbeitungsanlage, also ihr Leistungsvermögen, zuvor (Forts. d. Anm. auf S. 75)

Entsprechende Kennzahlen für die Gesamtanlage müßten außer der Zentraleinheit auch alle übrigen Aggregate umfassen. Mit wachsender Anzahl der Aggregate wachsen auch die Interdependenzen zwischen ihnen und die Potenz der Anlage, schwierigeren Aufgaben lösen zu können. In gleichem Maße wird auch die Beantwortung der Frage schwieriger, welche aller denkbaren Aufgaben man als Standardaufgaben ansehen darf, um mit ihrer Hilfe beispielsweise Kennzahlen ähnlich denjenigen des GAMM-Mix zu ermitteln. Dabei wären auch noch die Freiheitsgrade, die in der Vorbereitung der Datenverarbeitungsprozesse, die insbesondere im Programm liegen, zu berücksichtigen.

Versuche, das Leistungsvermögen einer Datenverarbeitungsanlage mit ihrer Peripherie zu erfassen, führten zu den sog. Benchmark-Verfahren.¹⁾ Hier werden repräsentative Teilmengen von realen Verarbeitungsprogrammen ausgewählt, die die voraussichtliche reale Auslastung einer Datenverarbeitungsanlage widerspiegeln. Durch Hochrechnung der gemessenen Verarbeitungszeiten für die ausgewählten Teilmengen wird die voraussichtliche reale Belastung durch die Gesamtmenge der Verarbeitungsprogramme ermittelt.

Die Kritik an den Benchmark-Verfahren richtet sich vor allem gegen die Annahme, wirklich repräsentative Teilmengen von Programmen finden zu können und gegen den hohen Programmierungsaufwand für reine Meßzwecke. Schließlich sind Benchmark-Verfahren nur für sequentielle Verarbeitung möglich und ergeben keine Aussage für simultan mehrfach genutzte Anlagen.²⁾

(Forts. d. Anm. 5 von S. 74):
bestimmt und dann aus dem Vergleichsverfahren eliminiert werden.

Vgl. auch zu dieser Problemstellung

K o r t e , B., K r e l l e , W., O b e r h o f e r , W.: Ein lexikographischer Suchalgorithmus zur Lösung allgemeiner ganzzahliger Programmierungsaufgaben, in: Unternehmensforschung, Bd. 13 (1969), Teil I: S. 73 - 98, Teil II: S. 171 - 192, insbesondere S. 181 ff mit den Testbeispielen und ermittelten Rechenzeiten.

Vgl. auch L ü d e r , K.: Zur Anwendung neuerer Algorithmen der ganzzahligen linearen Programmierung, in: ZfB, Jg. 39 (1969), S. 405 - 434, insbesondere S. 424.

1) Vgl. dazu u.a. H e i n r i c h , L.J.: Computer-Bewertungsverfahren, a.a.O., S. 36 ff.

2) Siehe S. 76.

Soll das Leistungsvermögen von simultan mehrfach genutzten Datenverarbeitungsanlagen meßbar gemacht werden, bedient man sich der Messung des sog. Durchsatzes und Mehrprogrammfaktors.¹⁾ Unter Durchsatz wird in der Regel die Zeitspanne verstanden, die eine Datenverarbeitungsanlage benötigt, um ein spezifiziertes Aufgabengesamt vollständig zu verarbeiten. Unter dem Mehrprogrammfaktor wird das Verhältnis vom Durchsatz im Mehrprogrammbetrieb zum Durchsatz im Stapelbetrieb für das gleiche Aufgabengesamt verstanden. Jedoch auch hier gilt u.a. die eingangs erwähnte Kritik an der Auswahl repräsentativer Aufgaben und eine zusätzliche Kritik an der Zuordnung von Prioritäten zu den Aufgaben. Prioritäten müssen jedoch vergeben werden, um dringenden Aufgaben einen gewissen Vorrang in der Verarbeitung zu sichern.

Unter diesen Gesichtspunkten ist es verständlich, daß man in der Praxis häufig darauf verzichtet, Kennzahlen für das nutzbare Leistungsvermögen von Datenverarbeitungsanlagen mit mehreren Hauptagregaten zu bilden.²⁾

Neben den Mix-Kennzahlen und Normaufgaben können jedoch noch zwei weitere Verfahren, nämlich Simulationsmodelle und mathematische Modelle, zur Bestimmung des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen angewendet werden.³⁾⁴⁾ Bei den ma-

Anm. 2 von S. 75:

Vgl. dazu u.a. H e i n r i c h , L.J.: Computer-Bewertungsverfahren, a.a.O., S. 40 ff.

- 1) Zu den Begriffen Durchsatz und Mehrprogrammfaktor vgl. O s s w a l d , B.: Leistungsvermögensanalyse von Datenverarbeitungsanlagen, Darmstadt 1973, S. 64 ff.
- 2) Eine Ausnahme hiervon machen Sortierprozesse mit Magnetbändern. Die Hersteller von Datenverarbeitungsanlagen geben Sortierzeittabellen für die einzelnen Sortierverfahren heraus, die die Sortierleistung für den einzelnen Fall ablesen oder errechnen lassen.
- 3) K ü m m e r l e , K.: Charakteristische Größen ..., a.a.O., S. 13.
- 4) Vgl. dazu K ü m m e r l e , K.: Simulation of the Performance of Computer Systems, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 12 (1970), S. 324 - 328.
N i e l s e n , N.R.: The Simulation of Time-Sharing Systems, in: Communication of the ACM, Jg. 10 (1967), S. 397 - 412.
(Forts. d. Anm. auf S. 77)

thematischen Modellen handelt es sich in erster Linie um Wahrscheinlichkeits- bzw. Warteschlangenprobleme, die während des Ablaufs von Datenverarbeitungsprozessen auftreten.¹⁾ Von den Simulationsmodellen ist als wichtigstes das SCERT-Verfahren (SCERT = Systems and Computer Evaluation and Review Technique) zu nennen.²⁾

Das Gewinnen von Kenntnissen über Leistung und Ablauf ist jedoch nur Teilziel derartiger Untersuchungen. In der Regel ist man bestrebt, den Ablauf derart zu gestalten, daß das gegebene realtechnische Leistungsvermögen bestmöglich genutzt wird. Hier steht also das Ziel im Vordergrund, vorhandenes und benötigtes Leistungsvermögen aufeinander abzustimmen, was den Problemkreis der Anpassungen industrieller Produktionsprozesse berührt.

(Forts. d. Anm. 4 von S. 76):

Mit Simulationen kann man zwei unterschiedliche Zielsetzungen verfolgen. Entweder will man einen Optimalwert bestimmen oder man will mit der Simulation das Verhalten von irgendwelchen Systemen studieren. Die hier vorliegenden Simulationsmodelle dienen dem Systemstudium. Vgl. dazu

M e r t e n s , P.: Simulation, Stuttgart 1969, S. 9.

- 1) C h a n g , W.: Queues with Feedback for Time-Sharing Computer System Analysis, in: Operations Research, Jg. 16 (1968), S. 613 - 627.
G a v e r , D.P.: Probability Models for Multiprogramming Computer Systems, in: Journal of the ACM, Jg. 14 (1967), S. 423 - 438.
K l e i n r o c k , L.: Time-Shared Systems: A theoretical Treatment, in: Journal of the ACM, Jg. 14 (1967), S. 242 - 261.
Auf das Problem der Warteschlangen wird an späterer Stelle nochmals einzugehen sein, insbesondere im Zusammenhang mit Optimalwertproblemen.
- 2) Vgl. dazu u.a. H e i n r i c h , L.J.: Computer-Bewertungsverfahren, a.a.O., S. 43 ff.

III. ANPASSUNGSVORGÄNGE

Vorhandenes und erforderliches Leistungsvermögen von Datenverarbeitungsanlagen sollten derart einander angepaßt sein, daß sich weder Situationen mit Über- noch mit Unterbeschäftigung ergeben und auch die intensitätsmäßige Nutzung einen Bestwert erreicht. Aus drei Gründen kann der zum Zeitpunkt der Investition u.U. erzielte Gleichgewichtszustand zwischen vorhandenem und für die Datenverarbeitungsprozesse erforderlichem Leistungsvermögen im Zeitablauf gestört werden.

Der erste Grund findet sich - wie bei der industriellen Produktion - in lang- oder kurzfristig wirksamen Veränderungen der Beschäftigung.¹⁾ Für die Datenverarbeitung ist das eine Veränderung der pro Zeiteinheit anfallenden Datenmengen, die verarbeitet werden müssen.²⁾

Der zweite Grund findet sich - wieder wie bei der industriellen Produktion - in technischen Veränderungen, im technischen Fortschritt. Bei Reinvestitionen wird man häufig verbesserte Datenverarbeitungsanlagen, also ein höheres quantitatives und qualitatives Leistungsvermögen wählen. In verschiedenen Fällen wird eine Reinvestition mit völlig gleichwertigen Anlagen sogar nicht möglich sein, da die Produktion des alten Anlagentyps inzwischen vom Hersteller eingestellt wurde. Die nicht veränderten Datenverarbeitungsprozesse für nicht veränderte Aufgaben sind nach der Umstrukturierung oder Erweiterung des Leistungsvermögens nicht mehr angepaßt. Einzelne Prozesse können unter Umständen

1) Auf den Begriff der Beschäftigung wird an späterer Stelle näher einzugehen sein.

2) Ein derartiges Ungleichgewicht für kurzfristige Perioden kann u.U. schon zum Zeitpunkt der Investition gegeben sein. Beispielsweise kann jeweils in der Monatsmitte das vorhandene Leistungsvermögen größer sein als das erforderliche, während die besonders großen Anforderungen zum Monatswechsel gerade abgedeckt werden können.

auf der neu strukturierten Datenverarbeitungsanlage nicht durchgeführt werden. Damit werden Maßnahmen erforderlich, die die technischen Schwierigkeiten für die Durchführung gewisser Prozesse beseitigen. Sie sind als technisch bedingte Anpassungen des Verfahrens an das gegebene Leistungsvermögen zu bezeichnen.¹⁾

Der dritte Grund findet sich in der Veränderung, insbesondere im Anwachsen betrieblicher Steuerungs- und auch Verwaltungsprobleme.²⁾ Zu bestehenden Steuerungsaufgaben kommen neue hinzu, alte werden u.U. überflüssig oder gehen als Teilaufgaben in neue, umfangreichere übergeordnete Aufgaben ein. Die zur Lösung derartiger Aufgaben benötigten Datenverarbeitungsprozesse erfordern ein anders strukturiertes, u.U. größeres quantitatives und umfangreicheres qualitatives Leistungsvermögen als das bereits vorhandene. Die Forderung führt langfristig zur Umstrukturierung bzw. zur Erweiterung der bestehenden Datenverarbeitungsanlage oder zur Neuinvestition mit einem anderen Anlagentyp. Derartige Veränderungen sind als Kombination aus Beschäftigungsveränderungen (erstgenannter Grund für ein Ungleichgewicht) und technischen Veränderungen (an zweiter Stelle genannter Grund für Ungleichgewichte) anzusehen.

Im folgenden Schritt sei der Anpassungsvorgang betrachtet, der bei Beschäftigungsveränderungen ausgelöst wird. Dafür sollen einleitend die Begriffe der Beschäftigung und des damit zusammenhängenden Beschäftigungsgrades kurz umrissen werden.

1) Vgl. dazu auch Abschnitt III.2, S. 76.

2) Das entspricht in der industriellen Produktion dem Anwachsen des Produktionsprogramms.

III.1. Anpassungen bei Beschäftigungsveränderungen

Die Begriffe Beschäftigung und Beschäftigungsgrad sind in der Literatur nicht einheitlich abgegrenzt. In einigen Fällen umfassen sie die verfügbare und abgegebene Leistung und somit die Intensität der Nutzung des Leistungsvermögens. Angermann¹⁾ versteht beispielsweise unter Beschäftigung (B) die pro Zeiteinheit entstandene Produktionsmenge (L), also eine Leistung, multipliziert mit dem betrachteten Zeitabschnitt (t), also $B = L \cdot t$. Entsprechend verstehen auch Rummel²⁾ wie Schmalenbach³⁾ und Seischab⁴⁾ unter dem Begriff Beschäftigungsgrad das Verhältnis von Ist-Leistung zu Norm- oder Soll-Leistung (= Lastgrad), multipliziert mit dem Verhältnis von Fertigungszeit oder gearbeiteter Betriebszeit zu Norm- oder Kalenderzeit (= Zeitgrad).

Häufig jedoch sind in der Literatur in den Begriffen Beschäftigung und Beschäftigungsgrad das Leistungsvermögen und seine Nutzungsintensität nicht enthalten. Derartige Beschäftigungsbegriffe erfordern lediglich, die Zeit zu messen, in der Leistungsfaktoren, beispielsweise Betriebsmittel, in Anspruch genommen werden. Will man anstelle der Beschäftigung den Beschäftigungsgrad ausdrücken, sind die gemessenen Zeiten, in denen Leistungsfaktoren beansprucht werden, in Relation zu setzen zu Soll- oder Normzeiten, so beispielsweise bei Mellerowicz als Ist-Arbeitszeit mal 100 zu Kann-Arbeitszeit⁵⁾ bzw. ef-

- 1) A n g e r m a n n , A.: Gleichgewichtskalkulation, Meisenheim 1952, S. 90.
- 2) R u m m e l , K.: Einheitliche Kostenrechnung auf der Grundlage einer vorausgesetzten Proportionalität der Kosten zu betrieblichen Größen, 3. Aufl., Düsseldorf 1949, S. 71 und S. 63 f.
- 3) S c h m a l e n b a c h , E.: Kostenrechnung und Preispolitik, 7. Aufl., Köln - Opladen 1956, S. 42 f.
- 4) S e i s c h a b , H.: Kalkulation und Preispolitik, Leipzig 1944, S. 124.
- 5) M e l l e r o w i c z , K.: Kosten und Kostenrechnung, Teil I: Theorie der Kosten, 3. Aufl., Berlin 1957, S. 245.

fektive Arbeitsstunden mal 100 zu bestmöglichen Arbeitsstunden.¹⁾ Auch Schnettler²⁾ versteht unter Beschäftigung in erster Linie eine Relation von Zeitwerten. So ist bei ihm die Beschäftigung gemessen durch die Anzahl der beanspruchten Krafteinheiten der Leistungsfaktoren, multipliziert mit der Beanspruchungszeit, ins Verhältnis gesetzt zu einer Basiszahl, beispielsweise zur Gesamtzahl der vorhandenen Krafteinheiten, multipliziert mit der gesamten zur Verfügung stehenden Zeit. Entsprechend so auch bei Antoine³⁾ und bei Trechsel⁴⁾, wo eine effektive Größe zu einer Plangröße in Relation gesetzt wird.

Ungleichgewichte zwischen vorhandenem und benötigtem Leistungsvermögen, die nicht nur in einem Ungleichgewicht zwischen möglicher und realer intensitätsmäßiger Nutzung bestehen, sondern die sich auch in der Nichtbelegung von Aggregaten sowie in der nicht vollen Nutzung der zur Verfügung stehenden Zeit auswirken, sind also Ungleichgewichte zwischen möglicher und realer Beschäftigung.

Beschäftigungsschwankungen einer Datenverarbeitungsanlage können einerseits durch einzelne innerbetriebliche Anforderungsschwankungen, andererseits durch Beschäftigungsschwankungen des Gesamtunternehmens ausgelöst werden. Sind Beschäftigungsschwankungen der Datenverarbeitungsanlage Folge von Beschäftigungsschwankungen des Gesamtunternehmens, muß zwischen beiden keine Proportionalität bestehen. Eine zurückgehende Beschäftigungslage des gesamten Unternehmens kann u.U. eine steigende Beschäftigung der Datenverarbeitungsanlage auslösen. Das kann dann gegeben sein, wenn die Datenverarbeitungsanlage beispielsweise Unterlagen für die Werkstattaufträge des Unterneh-

1) M e l l e r o w i c z , K.: Betriebswirtschaftslehre der Industrie, Bd. I, 6. Aufl., Freiburg 1968, S. 90.

2) S c h n e t t l e r , A.: Betriebsanalyse, a.a.O., S. 186 f.

3) A n t o i n e , H.: Kennzahlen, Richtzahlen ..., a.a.O., S. 61.

4) T r e c h s e l , F.: Die Abhängigkeit der Kosten, in: Die Unternehmen 1951, S. 144 f., insbesondere S. 151.

mens erstellt und das Unternehmen aufgrund der schlechten Beschäftigungssituation mehr und mehr bereit ist, Sonderwünsche der Kunden zu berücksichtigen. Eine Vielzahl von Werkstattaufträgen für kleine Losgrößen in der Produktion löst wenige Werkstattaufträge für wesentlich größere Stückzahlen ab.

Nicht nur bei produktionstechnischen Aggregaten ist das Problem der Anpassungen an Beschäftigungsveränderungen aus Kostengründen von Interesse¹⁾, es hat auch für Datenverarbeitungsanlagen seine Bedeutung. Gutenberg unterscheidet für die industrielle Produktion fünf Anpassungen²⁾, von denen kurzfristig für Datenverarbeitungsanlagen nur die zeitliche Anpassung realisierbar ist. In langfristiger Sicht ist auch eine quantitative³⁾, u.U. auch selektive⁴⁾ Anpassung vorzustellen.⁵⁾

1) G u t e n b e r g , E.: Grundlagen ..., Die Produktion, 14. Aufl., a.a.O., S. 336 ff.

2) G u t e n b e r g , E.: Grundlagen ..., Die Produktion, 14. Aufl., a.a.O., S. 346 ff. (1) Anpassung nach dem Ertragsgesetz, (2) intensitätsmäßige Anpassung, (3) zeitliche Anpassung, (4) quantitative Anpassung, (5) selektive Anpassung.

Ausgeschlossen für Datenverarbeitungsanlagen sind Anpassungen nach dem Ertragsgesetz. Für Datenverarbeitungsanlagen sei in diesem Zusammenhang auf die Starrheit der Arbeitsgeschwindigkeit und den durch das Programm festgelegten Prozeß hingewiesen. Aus denselben Gründen ist auch eine intensitätsmäßige Anpassung ausgeschlossen.

3) Unter quantitativer Anpassung kann man bei Datenverarbeitungsanlagen zweierlei verstehen. Einerseits kann eine Reihe von Datenverarbeitungsanlagen um eine weitere Anlage erweitert oder um eine Anlage verringert werden. Die Anpassung erfolgt hierbei um ganze vollständige Anlagen. Andererseits kann die quantitative Anpassung durch den Zusatz weiterer Aggregate erfolgen, beispielsweise um zusätzliche Magnetplatten- oder Magnetbandgeräte. Bei den bereits mehrfach erwähnten Sortierverfahren mit Magnetbandgeräten bewirken zusätzliche Aggregate häufig beträchtlich höhere Sortierleistungen. Vgl. dazu die folgenden Anmerkungen.

4) Unter selektiver Anpassung ist bei Datenverarbeitungsanlagen das Austauschen einzelner vorhandener Aggregate (Forts. d. Anm. 4 und Anm. 5 auf S. 83)

Zeitliche Anpassung heißt, daß die Betriebsmittel bei unveränderter intensitätsmäßiger Nutzung mehr oder weniger lange pro Produktionsperiode betrieben werden. Für die Datenverarbeitungsanlage bedeutet dies, daß entsprechend dem veränderten Datenanfall die Betriebsmittel-Ausführungszeit sich verändert, wobei nicht für alle Prozesse direkte Proportionalität zwischen Datenmengen und Betriebsmittel-Ausführungszeiten bestehen muß.¹⁾

(Forts. d. Anm. 4 von S. 82):

gegen zweckmäßigere zu verstehen. Beispielsweise können Magnetplattenaggregate ausgetauscht werden gegen solche mit größerem Speicherplatz oder Magnetbandaggregate gegen solche mit höherer Arbeitsgeschwindigkeit.

Anm. 5 von S. 82:

Zum Begriff der Anpassung vgl. auch

R E F A (Hrsg.): Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 3: Kostenrechnung, Arbeitsgestaltung, 2. Aufl., München 1972, S. 205. "Leistungsanpassung ist die Zuteilung, Abstimmung und Gestaltung des Arbeitsablaufes an den einzelnen Arbeitsplätzen eines Fließsystems derart, daß die dort gebrauchte Zeit der Soll-Taktzeit und dem Leistungsangebot der arbeitenden Menschen weitgehend entspricht."

- 1) Verwiesen sei auf die Sortierprozesse, insbesondere mit Magnetbandgeräten. Vgl. dazu
C h a p i n , N.: Einführung ..., a.a.O., S. 116. Chapin gibt als Schätzwert für den Zeitbedarf eines Sortierprozesses unter gewissen Bedingungen an:

$T = 2 \cdot p \cdot \log_2 n$, wobei gilt:

T = Schätzwert für die gesamte Prozeßzeit,

p = Einlesezeit für die unsortierten Folgen von Informationseinheiten,

k = Anzahl der Eingabe- bzw. Ausgabegeräte, $2k$ ist also die Gesamtzahl der Ein- und Ausgabegeräte, also die Anzahl der Magnetbandeinheiten,

n = Anzahl der ursprünglichen Ketten, wobei als eine Kette eine sortierte Gruppe mehrerer Informationseinheiten gilt.

In den Zeitbedarf spielt auch die Art des Sortierverfahrens hinein. Zu den Verfahren vgl.

P o c k l e k o w s k i , W.: Methoden der elektronischen Datenverarbeitung, Hrsg. Ausschuß für wirtschaftliche Verwaltung (AWV), AWV-Schriftenreihe Nr. 242, Frankfurt/M. 1964, S. 143 - 232, insbes. S. 213 f, und
F l o r e s , I.: Computer Sorting, London - Sydney - Toronto - New Delhi - Tokyo 1969, S. 13 ff, 160 ff, und
W e d e k i n d , H.: Datenorganisation, a.a.O., S. 131 - 167.

Die Sicht auf Anpassungen an eine veränderte mengenmäßige Beschäftigungssituation ist für die folgenden Untersuchungen um die Sicht auf Verfahrensanpassungen zu erweitern, die aus dem eingangs genannten zweiten Grund für das Ungleichgewicht zwischen vorhandenem und gefordertem Leistungsvermögen resultiert.

III.2. Anpassungen des Verfahrens auf der Basis des Reziprozitätsgesetzes der Programmierung

Verfahrensanpassungen haben neben Mengenanpassungen ihre besondere betriebliche Bedeutung, worauf u.a. Riebel¹⁾ verweist. Er schließt insbesondere in den Begriff der betrieblichen Elastizität eine Anpassungsfähigkeit oder Reagibilität an andere als reine Mengenveränderungen ein. Das sind bei ihm insbesondere Anpassungen an veränderte Marktanforderungen an das Produkt.²⁾

Für die folgenden Untersuchungen soll nicht das Prozeßergebnis verändert werden, weil der Markt bzw. der Betrieb ein anderes Produkt anfordert, es ist vielmehr bei gleichem Prozeßergebnis das Verfahren an das vorhandene Leistungsvermögen der Datenverarbeitungsanlage so weit wie irgendmöglich anzupassen.

Der einzige Weg, ein Datenverarbeitungsprogramm an ein verändertes Leistungsvermögen einer Datenverarbeitungsanlage, also an einen veränderten Bestandteil des Vorberei-

1) R i e b e l , P.: Die Elastizität des Betriebes ..., a.a.O., S. 93.

2) Riebel nennt als eines der Beispiele für derartige Anpassungen die Verwendung von Rösttürmen bei der Schwefelsäureproduktion. Rösttürme gestatten, auch andere Produkte zu erstellen als nur Schwefelsäure, falls die Marktlage das erfordern würde.

R i e b e l , P.: Die Elastizität des Betriebes ..., a.a.O., S. 26 ff, insbesondere S. 28.

tungsgrades für diesen Prozeß, anzupassen, führt über eine weitere Veränderung des Vorbereitungsgrades, das ist eine Veränderung des Programms. Es liegt ein gleichartiges Problem vor wie bei der industriellen Fertigung, wo beispielsweise eine gewisse " ... Individualität eines einzelnen Produktes durch den Auftraggeber gefordert wird ..." und " ... sich die Produktion oft gegen ihre eigenen Gesetze diesen von außen kommenden Anforderungen beugen muß". Auch in diesem Falle erfolgt der Anpassungsvorgang " ... zum großen Teil nicht während der eigentlichen Umwandlung und Verarbeitung der Werkstoffe, sondern bei der **V o r b e r e i t u n g** der Fertigungsabläufe".¹⁾²⁾ Mit der Veränderung der Datenverarbeitungsanlage, einer der Hauptbestandteile statischer Einrichtungen für Datenverarbeitungsprozesse, ist der **a l l g e m e i n e** Vorbereitungsgrad verändert worden. Erst eine Änderung des **s p e z i e l l e n z u s ä t z l i c h e n** Vorbereitungsgrades kann zu einer Anpassung führen.

Im Blickpunkt steht eingangs die Anpassung auf der Basis des Reziprozitätsgesetzes der Programmierung. Eine derartige Anpassung setzt voraus, daß die Programmierqualität für die Gestaltung des nicht angepaßten Prozesses wie für die Gestaltung des angepaßten Prozesses gleichwertig ist. Andernfalls wäre es denkbar, daß der auf der Basis des Reziprozitätsgesetzes angepaßte Prozeß durch eine ungünstigere Programmierqualität weniger ergiebig ist und das Leistungsvermögen weniger günstig nutzt als der nicht angepaßte Prozeß.

1) **E l l i n g e r**, Th.: Industrielle Einzelfertigung ... , a.a.O., S. 483.

2) So kann von einer Datenverarbeitungsanlage gefordert werden, ein mathematisches Problem zu bearbeiten, zu dessen Lösung zweckmäßigerweise eine automatische Gleitkommaeinrichtung vorhanden sein sollte. Da die Anlage jedoch für kommerzielle Aufgaben eingerichtet ist und keine Gleitkommaeinrichtung besitzt, kann ein derartiges Problem nur durch ein aufwendiges Programm gelöst werden.

Wie an früherer Stelle bereits dargelegt¹⁾, kann gemäß dem Reziprozitätsgesetz der Programmierung die Nutzung quantitativen und qualitativen Leistungsvermögens reziprok zueinander gewählt werden. Dabei darf als die besser angepaßte Situation jene angesehen werden, bei der die Betriebsmittel-Ausführungszeit so kurz wie möglich ist (hohe quantitative Leistung), während die qualitative Leistungskomponente "Hauptspeicherplatz" so umfangreich wie dafür nötig eingesetzt wird. Ordnet man dem genutzten wie dem ungenutzten Hauptspeicherplatz jeweils anteilmäßig die Gesamtkosten des Hauptspeichers als Nutz- und Leerkosten²⁾ zu, treten im angepaßten Fall geringere Leerkosten auf als im nicht angepaßten, einerseits, weil weniger Hauptspeicherplatz ungenutzt bleibt, andererseits, weil die Zeit kürzer ist, in der er nicht genutzt wird. Je besser der einzelne Prozeß angepaßt ist, umso mehr Prozesse kann die Datenverarbeitungsanlage pro Zeiteinheit ausführen.

Eine Anpassung in Bezug auf die übrigen, nicht von einem Prozeß belegten Hauptaggregate kann auf der Basis des Reziprozitätsgesetzes der Programmierung nicht erfolgen. In geeigneten Fällen können jedoch andere Anpassungen weiterführen. Einige von diesen Anpassungen zeigen weitere Berührungspunkte von Datenverarbeitungs- und Produktionsprozeß. In erster Linie kommen für weitere Anpassungsvorgänge Zusammenfassungen oder auch Teilungen von Prozessen oder deren Phasen in Betracht.

1) Vgl. II.1.3, S. 44 ff.

2) Zum Begriff der Leerkosten vgl. Bredt, O.: Der endgültige Ansatz der Planung (II), in: Technik und Wirtschaft, Bd. 32 (1939), S. 261. Zur Unterscheidung zwischen Leerkosten und Nutzkosten, die Gutenberg einführte, vgl. Gutenberg, E., Grundlagen ..., Bd. 1: Die Produktion, a.a.O., S. 336 f und 362 f.

III.3. Anpassungen durch Zusammenfassen bzw. Teilen von Prozessen oder Phasen

Anpassungsvorgänge durch Zusammenfassen bzw. Teilen von Prozessen oder ihrer Phasen sind vielschichtige Vorgänge. Die Vielschichtigkeit ergibt sich in erster Linie dadurch, daß für verschiedene Zusammenfassungen bzw. Teilungen der Vorbereitungsgrad in unterschiedlich hohem Maße verändert werden muß. Je nach den Bedingungen, unter denen Prozesse oder Phasen zusammengefaßt oder geteilt werden, lassen sich verschiedene Arten des Zusammenfassens oder Teilens angeben. Jedes Zusammenfassen oder Teilen dient dazu, quantitatives oder qualitatives Leistungsvermögen besser zu nutzen oder - im Falle des Teilens - überhaupt nutzen zu können. So wird in manchen Fällen das Teilen die Durchführung eines Prozesses überhaupt erst ermöglichen, wenn nämlich beispielsweise der Hauptspeicher für den geplanten Prozeß zu klein ist.

Die folgenden Untersuchungen sollen sich auf das Zusammenfassen beschränken, da der Teilungsvorgang im Prinzip in entgegengesetzter Richtung verläuft und keine weiteren Erkenntnisse durch seine Betrachtung gewonnen werden können. Wählt man bei der Betrachtung der Zusammenfassungen den Abstraktionsgrad relativ hoch, ergeben sich aus der Sicht des Vorbereitungsgrades drei Typen von Zusammenfassungen.

Typ 1 der Zusammenfassungen

Unterschiedliche Prozesse mit eigenen unterschiedlichen Vorbereitungsgraden werden dadurch zusammengefaßt, indem ein neuer gemeinsamer spezieller zusätzlicher Vorbereitungsgrad geschaffen wird. Das ist in erster Linie ein neues Programm. Das sind häufig auch andere Vorbereitungen, wie beispielsweise neue gemeinsame Ein- und Ausgabebelege oder die Festlegung einheitlicher Maßeinheiten für

bestimmte Berechnungen. Verbunden damit ist häufig auch ein neuer, fallweise aufzubauender Vorbereitungsgrad.

Typ 2 der Zusammenfassungen

Große Datenverarbeitungsanlagen bieten häufig die Möglichkeit, separate Prozesse mit unterschiedlichem speziellen zusätzlichen Vorbereitungsgrad zu simultanen, jedoch separaten Abläufen zusammenzufassen. Der simultane Ablauf der Prozesse wird durch einen entsprechend hohen allgemeinen Vorbereitungsgrad ermöglicht. Dazu gehören in erster Linie ein entsprechend großes quantitatives und qualitatives Leistungsvermögen, weiterhin ein Betriebssystem und eine entsprechende Programmierweise.¹⁾

Zusammenfassungen separater Prozesse auf der Basis simultaner Abläufe können fallweise in Grenzen beliebig gewählt werden, ohne durch diese Wahl Rückwirkungen auf den Vorbereitungsgrad auszulösen. Der allgemeine Vorbereitungsgrad ist relativ hoch.

Typ 3 der Zusammenfassungen

Gleichartige Prozesse, die einen gemeinsamen speziellen zusätzlichen Vorbereitungsgrad haben und die sich in erster Linie durch den Termin ihrer Ausführung unterscheiden, können in geeigneten Fällen durch Wahl gemeinsamer Ausführungstermine zusammengefaßt werden. So lassen sich beispielsweise tägliche Materialdispositionsprozesse für die Produktion zu einem wöchentlichen Prozeß zusammenfassen, wobei eine derartige Zusammenfassung in der Regel ohne jegliche Änderung auch nur eines Teiles des Vorbereitungsgrades möglich ist.²⁾

- 1) Das ist in erster Linie ein gewollter Verzicht auf Anpassungen des e i n z e l n e n Prozesses für sich an das Leistungsvermögen der Anlage.
- 2) Werden zu den immateriellen Vorbereitungen eines Prozesses auch Verträge gerechnet, die Einfluß auf das Prozeßergebnis oder die Ausführung des Prozesses haben, erfordert beispielsweise die Zusammenfassung der (Forts. d. Anm. auf S. 89)

Typ 1 bis 3 der Zusammenfassungen lassen sich in der folgenden Schemaübersicht darstellen.

Die Prozesse haben vor der Zusammenfassung ...	Die Zusammenfassung erfolgt	
	mit Änderung der Vorbereitungsgrade	ohne Änderung der Vorbereitungsgrade
... ungleiche Vorbereitungsgrade	Typ 1 der Zusammenfassungen	Typ 2 der Zusammenfassungen
... gleiche Vorbereitungsgrade		Typ 3 der Zusammenfassungen

Schemaübersicht über Typ 1 bis 3 der Zusammenfassungen

Je nach Wahl des Abstraktionsgrades zeigen die genannten Zusammenfassungen Eigentümlichkeiten, die zu weiteren Berührungspunkten von Datenverarbeitungsprozessen und Produktionsprozessen führen, oder es lassen sich Unterschiede zwischen Datenverarbeitung und industrieller Produktion erkennen.

III.3.1. Anpassungen auf der Basis vom Typ 1 der Zusammenfassungen

Anpassungen auf der Basis vom Typ 1 der Zusammenfassungen erfordern eine Änderung des Vorbereitungsgrades und damit eine Investition, die sich vorwiegend im immateriellen Bereich abspielt. Der mit der Anpassung erstrebte Vorteil liegt generell darin, das quantitative u n d das quali-

(Forts. d. Anm. 2 von S. 88):
wöchentlichen Lohnabrechnungsprozesse zu einem monatlichen Lohnabrechnungsprozeß eine Änderung des Vorbereitungsgrades, da die Lohnzahlungsmodalitäten in allen Unternehmungen entsprechender Größe von Unternehmensleitung und Betriebsrat auf vertraglicher Basis festgelegt werden.

tative Leistungsvermögen besser zu nutzen. Die Verbesserung ist daran zu erkennen, daß der zusammengefaßte Prozeß eine kürzere Betriebsmittel-Ausführungszeit hat als die Summe der Zeiten der Prozesse vor ihrer Zusammenfassung. Vorhandenes, jedoch durch die einzelnen nicht zusammengefaßten Prozesse ungenügend genutztes qualitatives Leistungsvermögen wird durch die Zusammenfassung in höherem Grade eingesetzt.

Anpassungen durch Zusammenfassen von Prozessen oder deren Phasen mit Veränderung des speziellen zusätzlichen Vorbereitungsgrades haben mit Anpassungen auf der Basis des Reziprozitätsgesetzes der Programmierung eine Gemeinsamkeit. In beiden Fällen wird die Steigerung der quantitativen Leistung durch erhöhten Einsatz von qualitativem Leistungsvermögen erzielt. - Während jedoch beim Reziprozitätsgesetz der Programmierung das zusätzlich eingesetzte qualitative Leistungsvermögen dazu dient, eine lineare, von Programmzyklen oder Programmschleifen freie Programmierung zu erzielen¹⁾, dient das größere qualitative Leistungsvermögen bei den Zusammenfassungen dazu, das umfassendere Programm und die größere Anzahl von Daten aufzunehmen.

Von den möglichen Zusammenfassungen sei eine der einfachsten Formen, die Bildung eines gemeinsamen Datenbestandes aus mehreren Datenbeständen mit der Auswirkung auf eine verbesserte Belegung von qualitativem Leistungsvermögen, d.h. Speicherplatz, betrachtet.

III.3.1.1. Die Zusammenfassung von Phasen der Datenruhe, insbesondere von Datenbeständen, als Beispiel

Zu den besonders interessierenden Situationen bei der Zusammenfassung von Phasen der Datenruhe gehören jene, bei denen die ruhenden Elemente der zusammenzufassenden Ruhephasen zu einem großen Teil gleich sind. Elemente einer

1) Vgl. dazu S.44 f.

Phase der Datenruhe sind gespeicherte Daten, die in anderen Phasen verarbeitet werden, zum Unterschied zu Daten, die den Verarbeitungsprozeß steuern.¹⁾

Es seien - bei gleichbleibender Programmierqualität für den einzelnen Datenbestand wie für den zusammengefaßten Datenbestand - die Phasen der Datenruhe für die Datenmengen D_i ($i = 1, 2 \dots$) zu einer gemeinsamen Phase der Datenruhe auf einem gemeinsamen Speichermedium zusammengefaßt.

Die Zusammenfassung bedeutet unter anderem einerseits, daß aus den verschiedenen Speicherplatzstrukturen, die jeweils eine Einheit für die Datenmengen D_i bilden, eine neue gemeinsame Speicherplatzstruktur für die zusammengefaßten Datenmengen entwickelt wird. Die neue gemeinsame Speicherplatzstruktur bildet wieder eine Einheit. Die Zusammenfassung von Datenbeständen bedeutet andererseits, daß für Prozesse, die auf den Datenbestand zugreifen, der Vorbereitungsgrad geändert wird.

Ein derartiger Vorgang, bei dem aus mehreren Einheiten eine neue Einheit gebildet wird, darf als eine der Formen sogenannter Integration bezeichnet werden.²⁾

- 1) Schweiker unterscheidet entsprechend in Programm- und Arbeitsdaten.

S c h w e i k e r, K.: Grundlagen ..., a.a.O., S. 82. Bei freiprogrammierbaren Anlagen sind die Programmdaten das Programm, die Arbeitsdaten die zu verarbeitenden Daten. Vgl. auch

H e i n l e i n, L.: Über Inputträger der Elektroneneinheiten und Gewinnung der Eingabewerte, in: Rechnungswesen, Revision, Automation, Hrsg. Hessisches Institut für Betriebswirtschaft Frankfurt/M., Köln-Klettenburg (o.J.), S. 74. Vgl. dazu auch

zur N i e d e n, M.: Maschinelle Datenverarbeitungssysteme in der Unternehmung, Bd. 11 der Schriftenreihe des Betriebswirtschaftlichen Instituts für Organisation und Automation der Universität zu Köln, Hrsg. E. Grochla, Wiesbaden 1971, S. 29 ff.

- 2) L e h m a n n, H.: Integration, in: HWO, Stuttgart 1969, Sp. 768 - 774, speziell Sp. 768: "Der Terminus 'Integration' wird ... im allgemeinen Sprachgebrauch (Forts. d. Anm. auf S. 92)

Sind keine Sortierfolgen für die einzelnen Datenmengen D_i vorgeschrieben, die einer Vereinigung der Datenmengen im Wege stehen, gilt für die Vereinigungsmenge

$$(2.1) \quad D_v = D_1 \cup D_2 \cup D_3 \cup \dots \cup D_n$$

Im allgemeinen Fall werden die zu vereinigenden Datenmengen verschieden groß sein und über einen beliebigen Anteil gemeinsamer Daten verfügen.

Die maximale Datenmenge in Beziehung (2.1) muß nicht einen maximalen Speicherplatz benötigen. Kleine Datenmengen mit relativ großem Platzbedarf je Dateneinheit können in der Speicherplatzsumme aufwendiger sein als große Datenmengen mit relativ kleinem Platzbedarf je Dateneinheit.¹⁾

Existieren im Grenzfall in allen Datenmengen keine gemeinsamen Daten, ergibt sich als Speicherplatzbedarf für die zusammengefaßten Datenmengen die Summe der Speicherplätze aller Datenmengen $\sum_i S(D_i)$.

Sind dagegen die zusammenzufassenden Arbeitsdaten Teilmen- gen einer umfassenden maximalen Datenmenge, so bestimmt diese umfassende Datenmenge allein den notwendigen Speicherplatzbedarf. Er ist also $\max_i \{S(D_i)\}$. Geringer kann der Speicherplatzbedarf bei Zusammenfassung nicht mehr werden.

Der Speicherplatzbedarf für die zusammengefaßten Arbeits- daten bewegt sich damit in den Grenzen:

(Forts. d. Anm. 2 von S. 91):

meist zur Kennzeichnung eines Vorganges (bzw. seines Ergebnisses) verwendet, durch den aus sich gegenseitig ergänzenden Teilen eine neue umfassende Einheit geschaffen wird." Vgl. auch

H a r t m a n n, B.: Integrierte Datenverarbeitung, in HWO, Stuttgart 1969, Sp. 774 - 782.

1) Es liegt hier ein analoges Problem zur Lagerung von Gü- tern im Produktionsprozeß vor. Der benötigte Lagerplatz für viele, jedoch kleine Teile kann geringer sein als der Lagerplatzbedarf für wenige, jedoch große Teile.

$$(3.1) \quad \max_i \{S(D_i)\} \leq S(D_v) \leq \sum_i S(D_i)$$

Durch die Zusammenfassung steigt also die Belegung der qualitativen Leistungskomponente Speicherplatz, was auch das Ziel des Anpassungsvorganges ist.¹⁾ Die Belegung steigt jedoch nicht unbedingt proportional zu den zusammengefaßten Datenmengen, sondern in den Grenzen gemäß der Beziehung (3.1).

Zwei Arten von Arbeitsdaten können zusammengefaßt werden. Eine dieser beiden Arten besteht aus den täglich anfallenden Daten, die andere aus den eingangs erwähnten Stammdaten. Die Arbeitsdaten, insbesondere die Stammdaten, werden unter Umständen in Dateien zur sogenannten Datenbank²⁾ zusammengefaßt, die in der Datenverarbeitungsanlage gegebenenfalls zugriffsbereit zur Verfügung steht.

Das Prinzip der Zusammenfassung aus Gründen der Kostensenkung kann auch im Bereich der industriellen Produktion in einzelnen Fällen seinen Niederschlag finden. Gedacht ist an Werkzeuge, die einerseits eine relativ hohe Kapitalbindung erfordern, andererseits an verschiedenen Stellen der Produktion mit jeweils nur geringer Zugriffshäufigkeit und für relativ kurze Zeiten benötigt werden.³⁾

- 1) Eine derartige Zusammenfassung von Daten ist im Zusammenhang mit den Prozessen zu sehen, die ebenfalls zusammengefaßt von den Datenmengen D_i Gebrauch machen.
- 2) Bei der Zusammenfassung von Dateien zu einer Datenbank werden häufig Verknüpfungsinformationen zusätzlich in die Datenbank eingefügt, die den Zusammenhang der zusammengefaßten Datenelemente herstellen sollen (sogenannte Adreßverkettung). Derartige zusätzliche Daten in der Datenbank können den für die Datenbank benötigten Speicherplatz aufblähen. Damit hat sich bei der Zusammenfassung das Speicherverfahren geändert und die angegebene Beziehung (3.1) gilt nicht mehr.
- 3) Als dafür in gewissen Fällen geeignete Werkzeuge seien genannt beispielsweise hochwertige Schablonen, hochwertige Dreh- und Bohrkaliber. In einem dem Verfasser bekannten Fall wurden hochwertige Meßgeräte zentral verwaltet und gewartet und über größere Entfernungen an die Benutzer ausgeliehen.
(Forts. d. Anm. auf S. 94)

III.3.1.2. Weitere Möglichkeiten der Zusammenfassung von Phasen

Außer der dargestellten Zusammenfassung von Phasen der Datenruhe sind Zusammenfassungen beliebiger anderer Phasen denkbar. Das können Zusammenfassungen gleicher, aber auch ungleicher Phasen sein. Die Zahl der Zusammenfassungsmöglichkeiten ist dabei sehr groß. Faßt man je zwei Phasen zusammen, ergeben sich zehn Zusammenfassungsmöglichkeiten.

(Forts. d. Anm. 3 von S. 93):

Die Kostenarten, in denen die Ersparnisse durch Zusammenfassen anfallen, sind jedoch im Datenverarbeitungsprozeß teilweise andere als im Produktionsprozeß, wie die folgende vereinfachte Vergleichstabelle zeigen soll:

Kostenersparnisse durch Zusammenfassen im	
Produktions- prozeß	Datenverarbeitungs- prozeß
Anschaffungskosten	-
Lagerplatzkosten	Speicherplatzkosten
Änderungskosten	Änderungskosten

Zu den Anschaffungskosten:

Im industriellen Produktionsprozeß ist ein mehrfach vorhandenes Teil auch mehrfach zu beschaffen oder herzustellen, was mit entsprechenden Kosten verbunden ist. In der Datenverarbeitung genügt in der Regel die einmalige Beschaffung der Information, beispielsweise bei der Erfassung der Daten für die Lohnabrechnung. Werden diese Daten in mehreren Dateien gehalten, fallen lediglich die relativ geringen Kosten für den Einspeichervorgang (entsprechend dem Einlagerungsvorgang) in der Anlage an. Diese seien hier jedoch vernachlässigt.

Prozeß 1 2	Aufnahme- phase 1	Ruhe- phase 2	Abgabe- phase 3	Transformations- phase 4
Aufnahme- phase 1	11	12	13	14
Ruhe- phase 2	~~21~~	22	23	24
Abgabe- phase 3	~~31~~	~~32~~	33	34
Transformations- phase 4	~~41~~	~~42~~	~~43~~	44

Abb.: Die Zusammenfassungsmöglichkeiten von je zwei Phasen von zwei Datenverarbeitungsanlagen

Zählt man in der Textabbildung die gleichwertigen Zusammenfassungen wie beispielsweise 12 und 21 als nur eine Zusammenfassungsmöglichkeit, ergeben sich insgesamt die erwähnten zehn Kombinationen. In der Abbildung ist von je zwei gleichwertigen Zusammenfassungen eine der beiden durchgestrichen.

Bei der Zusammenfassung von je drei Phasen ergeben sich 20 und bei der Zusammenfassung von je vier Phasen bereits 35 denkbare Kombinationen.

Von den genannten Zusammenfassungsmöglichkeiten ist die Zusammenfassung von Phasen der Datenruhe im vorausgegangenen Abschnitt dargestellt.

Werden Phasen der Datenbewegung oder Datentransformation durch Änderung des Vorbereitungsgrades zusammengefaßt,

entsteht aus den Einzelprogrammen ein neues Programm als Einheit für die zusammengefaßten Phasen. Eine derartige Zusammenfassung von Phasen zu einer neuen Einheit darf ebenfalls als eine der Formen sogenannter Integration bezeichnet werden.

Sind für die Zusammenfassung Phasen ausgewählt, die verschiedene periphere Aggregate benötigen, können durch das Zusammenfassen in vergrößertem Umfange die Vorteile der Konzentration des Ablaufs durch Simultanarbeit der peripheren Aggregate genutzt werden. Damit entsteht die Tendenz, die Summe der Betriebsmittel-Ausführungszeiten und der Belegungszeiten gegen einen Minimalwert gehen zu lassen. Im günstigsten Fall entspricht die Betriebsmittel-Ausführungszeit der Datenverarbeitungsanlage nach der Zusammenfassung $t_{aA/v}$ der maximalen Zeit von den noch nicht zusammengefaßten Phasen $\max_i (t_{aA/i})$. Das bedeutet, daß jenes periphere Aggregat die Betriebsmittel-Ausführungszeit nach der Zusammenfassung bestimmt, das die langsamsten Funktionen beim Auf- und Abbau seiner externen dynamischen Einrichtungen hat, und daß alle anderen peripheren Aggregate durch die Simultanarbeit nicht mehr in Erscheinung treten.

Aus der Zielsetzung, Betriebsmittel-Ausführungszeiten und Belegungszeiten zu reduzieren, müßte es das Bestreben jeder Programmierung sein, möglichst viele Phasen oder Prozesse zusammenzufassen, bis eine vollständige Anpassung an das qualitative oder quantitative Leistungsvermögen oder an beides erreicht ist. Anpassungen durch Zusammenfassen haben jedoch technische und ökonomische Grenzen, die weitere Berührungspunkte von Datenverarbeitungsprozeß und Produktionsprozeß erkennen lassen.

III.3.1.3. Grenzen von Zusammenfassungen durch ungleichförmige Anforderungen und Diskontinuitäten im Anpassungsvorgang

Einer Anpassung durch Zusammenfassen sind in erster Linie technische Grenzen gesetzt durch die unterschiedliche Häufigkeit, mit der die einzelnen Leistungskomponenten für die verschiedenen Prozesse benötigt werden. Vorhandene Leistungskomponenten, die man nur selten einsetzen kann, bleiben daher auch bei Zusammenfassungen häufig ungenutzt.

Eine weitere Grenze bildet die Diskontinuität der möglichen Zusammenfassungen. Generell können Anpassungen durch Zusammenfassen nur diskontinuierliche Werte ergeben, weil nicht beliebig kleine Programmteile zusammengefaßt werden können. Von allen möglichen Zusammenfassungen ist die zweckmäßigste auszuwählen. Aus diesem Grunde sind vollständige Anpassungen durch Zusammenfassen nur in seltenen Fällen möglich.

Neben den genannten zwei vorwiegend technischen Grenzen von Zusammenfassungen kommt einer vorwiegend ökonomisch-technischen Grenze besondere Bedeutung zu.

III.3.1.4. Die Grenze durch das Gesetz zunehmender Terminstarrheit bei zunehmender Anzahl von Zusammenfassungen

Von den regelmäßig wiederkehrenden Prozessen können nur diejenigen zu einem gemeinsamen Programm zusammengefaßt werden, deren Start- und Endetermine sich im Rahmen zulässiger prozeßindividueller Termintoleranzen aufeinander abstimmen lassen.

Für jeden einzelnen Prozeß ist der frühestmögliche Starttermin durch die vorausgegangene und abgeschlossene Datenbereitstellung¹⁾ bestimmt. Werden Prozesse zusammenge-

1) Das können bereitgestellte Daten für die Phase der Datenaufnahme, Datentransformation und Datenabgabe sein.

faßt, ist der frühestmögliche Starttermin für die zusammengefaßten Prozesse durch denjenigen Teilprozeß bestimmt, dessen Daten als letzte bereitgestellt werden. Entsprechend ist der spätestzulässige Endetermin für zusammengefaßte Prozesse durch denjenigen Teilprozeß bestimmt, der als erster beendet sein muß.

Zusammengefaßt seien beispielsweise die drei Prozesse "x", "y" und "z", vgl. dazu die folgende Textabbildung. Für jeden Prozeß ist der zulässige Ausführungsspielraum über der Kalenderzeit dargestellt. Innerhalb dieses Zeitraumes darf der betreffende Prozeß zu einem beliebigen Zeitpunkt ausgeführt werden.

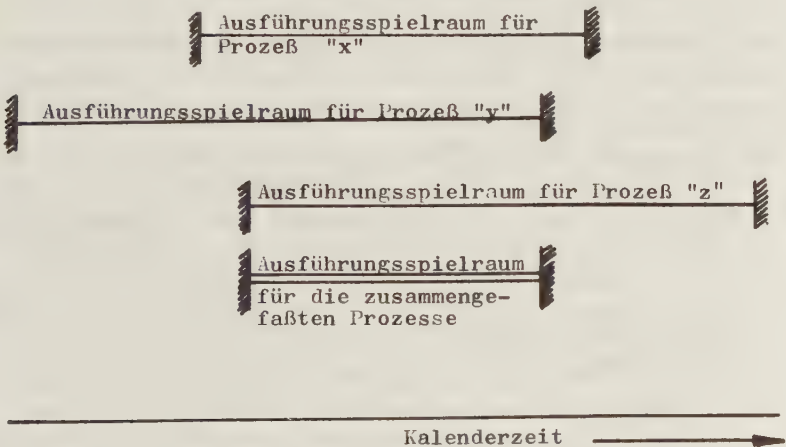


Abb.: Ermittlung des Ausführungsspielraumes für zusammengefaßte Prozesse

Hierbei ist die Zeitdauer der Prozesse vernachlässigt. Führt man sie ebenfalls in die Betrachtung ein, verringert sich der Ausführungsspielraum für die zusammengefaßten Prozesse entsprechend. Überschneidet sich der frühestmögliche Starttermin eines Prozesses mit dem spätest-

zulässigen Endetermin eines anderen Prozesses, können beide Prozesse nicht zusammengefaßt werden.

Mit diesen Bedingungen ist der zeitliche Freiheitsgrad für die Termingestaltung von zusammengefaßten Prozessen der Datenverarbeitung abgegrenzt.

Wie zu erkennen, verringert sich die Flexibilität der Termin- und Belegungsplanung durch das Zusammenfassen von Prozessen unter Veränderung des Vorbereitungsgrades. Fügt man der Zusammenfassung weitere Prozesse hinzu, besteht die Tendenz zu einer weiteren Verringerung des Spielraumes der Termin- und Belegungsplanung, bis der Spielraum schließlich bei einer entsprechenden Anzahl zusammengefaßter Prozesse zu Null geworden ist und der Anpassungsvorgang seine Grenze gefunden hat.

Die dargestellten Konsequenzen aus den Zusammenfassungen sollen als Gesetz zunehmender Terminstarrheit bei zunehmender Anzahl von Zusammenfassungen bezeichnet werden.¹⁾²⁾

- 1) Eine derartige Form der Integration kann sich nach Erfahrungen des Verfassers auch in anderer Hinsicht ungünstig auswirken. Das trifft in erster Linie auf den Änderungsdienst zu. Je umfassender ein Programm ist, je mehr verschiedenartige Abläufe in ihm zusammengefaßt sind, umso häufiger ist Anlaß gegeben, es zu ändern. Damit werden umfangreiche Programme nach relativ kurzer Zeit unübersichtlich, was bei der nächstfolgenden Änderung wiederum zusätzliche Schwierigkeiten bereitet. Schließlich muß aus Gründen der Übersichtlichkeit und Klarheit der gesamte Komplex neu programmiert werden.
- 2) Vgl. dazu auch den Gesichtspunkt von zur Nieden bei starker Integration. Zur Nieden versteht allerdings unter Integration nicht unbedingt eine Zusammenfassung von Prozessen zu einem Prozeß, sondern in erster Linie Zusammenfassungen von Dateien, Verwendung gemeinsamer Daten und Begriffe usw.
Zur Nieden, M.: Maschinelle Datenverarbeitungssysteme ..., a.a.O., S. 157: "Die Integration der Datenverarbeitungsaufgaben der verschiedenen Bereiche wirkt sich negativ auf die Elastizität der Datenverarbeitung aus. Wenn in einem Bereich eine Programmänderung notwendig wird, dann kann diese Änderung bei integrierter Datenverarbeitung die Änderung mehrerer anderer Programme notwendig machen, um den Austausch der Bewegungsdaten bzw. die Einheitlichkeit der Bestandsdateien zu gewährleisten."

Ähnliche Bestrebungen, Prozesse zusammenzufassen, finden sich auch in der industriellen Produktion, insbesondere im Bereich der metallverarbeitenden Industrie. Die Verwandtschaft beider Problemstellungen läßt sich jedoch nur durch geeignete Wahl des Abstraktionsgrades bei der Betrachtung einzelner typischer Merkmale im industriellen Produktionsprozeß zeigen.

Während das dargestellte Problem der Terminstarrheit aus einem organisatorisch-technischen Zwang resultiert, findet sich ein ökonomisch bedingter Terminzwang im Bereich der industriellen Produktion beim Zusammenfassen fertigungstechnisch ähnlicher Teile zu Additivserien aus Einzellosen. Die Zusammenfassung derartiger Einzellose aus einer Teilefamilie zu einer gemeinsamen Fertigungslosgröße hat als wesentliche Ziele das Reduzieren der Umrüstkosten, das Einsparen von Arbeitspapieren und den Einsatz von höher automatisierten Maschinen.¹⁾²⁾

- 1) Vgl. dazu O p i t z , H., E v e r s h e i m , W., B r a n k a m p , K.: Fertigungsorganisation, in: HWO, a.a.O., Sp. 521 - 535, insbesondere Sp. 532.
O p i t z , H., G r o e b l e r , J.: Werkstattfertigung, in: HWO, a.a.O., Sp. 1775 - 1781, insbes. 1780.
- 2) Zum Begriff der Teilefamilienfertigung und ihrer Wirkung auf die Kosten in der Einzel- und Kleinserienfertigung vgl. auch
O p i t z , H.: Moderne Produktionstechnik ..., a.a.O., S. 486 f.
S t e i n m a n n , H.: Rationalisierung in der Einzel- und wechselnden Kleinserienfertigung durch Zusammenfassung von Ähnlichkeitsteilen, in: Industrie-Anzeiger, Jg. 84 (1962), S. 1753 ff.
G a l l a n d , H.: Werkstücksystematik und Teilefamilienfertigung, in: Industrie-Anzeiger, Jg. 85 (1963), S. 735 ff.
H o s a n g , S.: Aufbau und Anwendung eines Formenschlüssels für Konstruktion und Arbeitsvorbereitung, in: Industrie-Anzeiger, Jg. 85 (1963), S. 720 ff.
K i r c h n e r , E.: Technische und betriebswirtschaftliche Grundlagen der Teilefamilienfertigung, in: Industrie-Anzeiger, Jg. 85 (1963), S. 714 ff.
R a i s e r , B.: Teilefamilienfertigung im Einzelmaschinenbau und Apparatebau, in: Industrie-Anzeiger, Jg. 85 (1963), S. 730 ff.
(Forts. d. Anm. auf S. 101)

Mit wachsender Anzahl von Zusammenfassungen wächst die Durchlaufzeit, da die Wartezeiten des Gesamtloses vor und hinter den Fertigungsstellen sich ebenfalls verlängern. Den reduzierten Kosten für das Umrüsten stehen also Kostensteigerungen für steigende Durchlauf- und Zwischenlagerzeiten gegenüber. Die Frage nach der zweckmäßigen Anzahl von Zusammenfassungen kann in erster Linie durch die Bestimmung des Minimums der Gesamtkosten beantwortet werden.¹⁾

Der wachsende Terminzwang ist bei dieser Problemstellung der industriellen Produktion nun dadurch gegeben, daß das Gesamtlos - analog zu den Zusammenfassungen von Datenverarbeitungsprozessen zu einem zusammengefaßten Prozeß - nicht später gefertigt werden darf als es der Termin jenes Teillooses des Gesamtloses zuläßt, das als erstes fertiggestellt sein muß. Alle übrigen Teilloose des Gesamtloses werden damit zu einem früheren Termin als notwendig fertiggestellt, und es besteht die Tendenz für wachsende Lagerkosten.

Je mehr die Produktion von der Kleinserie zur Einzelfertigung hin tendiert, umso mehr müssen die Einzelteile auftrags- und damit streng termingebunden hergestellt werden.²⁾ Erfolgen die Einzelfertigungen in unregelmäßigen

(Forts. d. Anm. 2 von S. 100):

G a l l a n d , H.: Entwicklung einer werkstückbeschreibenden Systemordnung zur Kostensenkung in der Kleinserien- und Einzelfertigung, Diss. Aachen 1964, S. 42 ff.

B o o t w a l l a , M.A.: Teilefamilienfertigung - Ein Weg zur Kostensenkung in der Kleinserien- und Einzelfertigung, Diss. Aachen 1966, S. 23 ff.

- 1) Damit liegt ein gleichartiges Problem vor wie bei der Frage nach der optimalen Werkstattlosgröße. Einen vereinfachten Lösungsansatz für die optimale Anzahl von Zusammenfassungen von Losen zeigt Käppeler, indem er die optimale Gesamtzahl der Teile in der Additivserie bestimmt. Vgl.

K ä p p e l e r , M.: Aufgaben, Probleme und Verfahren der Ablaufplanung bei industrieller Einzelfertigung, Betriebswirtschaftliche Sonderveröffentlichungen des VDMA-Dissertationen, Frankfurt/M. 1969, S. 141 ff.

- 2) K ä p p e l e r , M.: Aufgaben, Probleme ..., a.a.O. S. 141.

und nicht vorhersehbaren Zeitabständen, liegen gleichartige Bedingungen vor wie bei jenen Datenverarbeitungsprozessen, die aus Gründen unbekannter Termine nicht zusammengefaßt werden können. Auch beim Datenverarbeitungsprozeß ergibt sich nur dann ein Vorteil, wenn die einzelnen Prozesse sich laufend wiederholen und das zu bestimmten resten Terminen.

III.3.2. Anpassungen auf der Basis vom Typ 2 der Zusammenfassungen

Das Dilemma, wohl Zentraleinheiten mit hohem quantitativen Leistungsvermögen bauen, ihnen jedoch nicht entsprechend leistungsfähige periphere Aggregate zur Seite stellen zu können, führte unter anderem zur Entwicklung der simultanen Mehrfachausnutzung von Datenverarbeitungsanlagen, wobei sich neue, wirtschaftlich interessante Anwendungsgebiete für die automatisierte Datenverarbeitung erschlossen.

Stark vereinfacht läßt sich die simultane Mehrfachausnutzung wie folgt darstellen.¹⁾

Für verschiedene Prozesse sind die Programm- und Arbeitsdaten in der Datenverarbeitungsanlage bereitgestellt, und es liegen für einige Prozesse Arbeitsaufträge vor, beispielsweise durch eine eingelesene Lochkarte oder durch

1) Vgl. dazu beispielsweise

S c h u l z , A.: Strukturanalyse der maschinellen betrieblichen Informationsbearbeitung, Berlin 1970, S. 208 f.

W a r w i c k , M.: Einführung in die Grundlagen von Betriebssystemen, in: Cuttle, G., Robinson, P.B.: Aufbau von Betriebssystemen, München 1972, S. 11. Titel der englischen Originalausgabe: Executive Programs and Operating Systems, Computer Monographs, Vol. 10, New York sowie London und Amsterdam 1970. Übersetzt für die deutsche Ausgabe von D. Schornböck.

I B M Corp. (Hrsg.): IBM System/360 Operating System, Planning for Multiprogramming with a fixed Number of Tasks (MFT), Form C 27-6939-4 (Poughkeepsie/N.Y. 1968).

ein über Fernschreiber eingegebenes Signal. Die vorliegenden oder auch nacheinander eintreffenden Arbeitsaufträge warten auf ihre Erledigung.

Ein übergeordnetes Steuerprogramm im Rahmen des Betriebssystems¹⁾ entscheidet aufgrund vorgegebener Kriterien, welcher Prozeß als erster begonnen wird. Dabei hat das übergeordnete Steuerprogramm eine Aufgabe, die etwa derjenigen der Fertigungssteuerungsabteilung in der industriellen Produktion entspricht, wo u.a. Reihenfolgeentscheidungen über Werkstattaufträge getroffen werden.²⁾

Die Zentraleinheit beginnt darauf mit der Durchführung des ersten Prozesses. Entsteht für die Zentraleinheit eine Wartezeit, weil ein relativ langsam arbeitendes peripheres Aggregat angesprochen wird, stößt die Zentraleinheit die Funktion dieses Aggregates nur an, wartet jedoch nicht, bis die Funktion des Aggregates beendet ist, sondern sucht sich gemäß den ihr gegebenen Kriterien in der Rangfolge den nächsten Prozeß und beginnt mit dessen Durchführung. Würde bei diesem zweiten Prozeß ebenfalls eine Wartezeit entstehen, weil auch bei diesem Prozeß ein relativ langsam arbeitendes peripheres Aggregat angesprochen werden muß, stößt die Zentraleinheit wiederum nur die Funktion dieses Aggregates an, ohne das Funktionsende abzuwarten.³⁾

- 1) W a r w i c k , M.: Einführung in die Grundlagen ..., a.a.O., S. 10.
G r a e f , M., G r e i l l e r , R., H e c h t , G.: Datenverarbeitung im Realzeitbetrieb ..., a.a.O., S. 47.
- 2) Grochla weist darauf hin, daß Aufgabenträger nicht nur Menschen, sondern auch Sachmittel sein können.
Vgl. dazu G r o c h l a , E.: Automation und Organisation, a.a.O., S. 94, und
S e i b t , D.: Organisation von Software-Systemen, a.a.O., S. 77 ff.
- 3) Bei simultaner Mehrfachausnutzung können u.U. auch laufende Prozesse zugunsten neu eintreffender Arbeitsaufträge unterbrochen werden, ohne daß eine Wartezeit der Zentraleinheit wegen eines langsam laufenden peripheren Aggregates gegeben ist. Hier ist in erster Linie die Priorität der einzelnen Arbeitsaufträge entscheidend.

Ist das Betriebssystem bzw. Steuerprogramm entsprechend eingerichtet, könnte ein dritter und weiterer Prozeß gemäß der Rangfolge aus den vorgegebenen Kriterien begonnen werden. Nach einer bestimmten Zeit ist die Funktion des peripheren Aggregates, das für den ersten Prozeß angestoßen wurde, beendet und die Zentraleinheit kann den vorrangigen ersten Prozeß weiter ausführen. Damit beginnt im Prinzip der dargestellte Ablauf von vorn.¹⁾

Wie zu erkennen, wird durch die dargestellte zeitliche Konzentration des Ablaufs die intensitätsmäßige Nutzung der Zentraleinheit verbessert. Das dafür benötigte Betriebssystem bzw. Steuerprogramm erfordert jedoch je nach der gegebenen Situation und Aufgabenstellung einen mehr oder weniger großen Platz im Hauptspeicher. Damit findet sich auch bei der simultanen Mehrfachausnutzung wieder das an früherer Stelle dargestellte Prinzip, hier jedoch in gewisser Abwandlung, daß durch den Einsatz eines höheren qualitativen Leistungsvermögens (Hauptspeicherplatz) das quantitative Leistungsvermögen besser genutzt werden kann.²⁾³⁾ Die simultane Mehrfachausnutzung erfordert zu-

1) Vgl. dazu

M i l l i s , B.: Weitere Aufgaben von Organisationsprogrammen, in: Cuttle, G., Robinson, P.B.: Aufbau von Betriebssystemen, a.a.O., S. 36 ff.

Die Unterbrechung von laufenden Prozessen zugunsten anderer Prozesse ist eine generelle Bedingung für die Mehrfachausnutzung. Vgl. dazu

G r a e f , M., G r e i l l e r , R., H e c h t , G.: Datenverarbeitung im Realzeitbetrieb ..., a.a.O., S. 54 ff.

Die hier dargestellte Arbeitsweise ist nur eine von vielen Möglichkeiten. Wenn die Prozesse nicht sehr ein- und ausgabeintensiv sind, fallen auch weniger Wartezeiten an, die durch andere Prozesse ausgefüllt werden können. Dann müssen andere zweckmäßigere Zuteilungsalgorithmen gewählt werden. Vgl. dazu Abschnitt IV.3.3.

2) Vgl. S. 44.

3) Die Mehrfachausnutzung, die zu einer besseren Nutzung der Zentraleinheit führen soll, setzt voraus, daß nicht vorwiegend rechenintensive Prozesse miteinander kombiniert werden, denn deren Ablauf findet vorwiegend in (Forts. d. Anm. auf S. 105)

dem, daß in gewissen Fällen für jeden Prozeß, der simultan zu anderen Prozessen ausgeführt wird, zusätzliche periphere Aggregate zur Verfügung stehen. Damit tendieren Datenverarbeitungsanlagen, die für eine simultane Mehrfachausnutzung vorgesehen sind, zu einer relativ großzügig ausgestatteten Peripherie. Mit der Z i e l v o r s t e l l u n g, das quantitative Leistungsvermögen von Zentraleinheiten durch Simultanbetrieb intensitätsmäßig besser zu nutzen, ist durch die in gewissen Fällen relativ großzügig ausgelegte Peripherie der Z w a n g verbunden, durch Mehrfachausnutzung auch eine Anpassung an das qualitative Leistungsvermögen zu erreichen.

Über die verschiedenen Formen simultaner Mehrfachausnutzung, die in der Literatur unterschiedlich bezeichnet oder unterschiedlich abgegrenzt werden, sei folgend ein kurzer Überblick gegeben. Dazu seien einige Gliederungsmöglichkeiten herangezogen, um eine gewisse Systematik zu ermöglichen.

III.3.2.1. Gliederungsmöglichkeiten der Hauptformen simultaner Mehrfachausnutzung

Drei Kriterien sollen als Gliederungsmerkmale verwendet werden. Das sind (1) der Kontakt zwischen dem Benutzer und der Datenverarbeitungsanlage, (2) die Zeit zwischen der Aufgabenstellung an die Datenverarbeitungsanlage und der Aufgabenerledigung durch die Datenverarbeitungsanlage und (3) die Wahlmöglichkeit in der Aufgabenstellung für die Datenverarbeitungsanlage.

(Forts. d. Anm. 3 von S. 104):
der Zentraleinheit statt. Hierbei können keine Wartezeiten der Zentraleinheit auf die langsamen Funktionsabläufe der peripheren Aggregate ausgenutzt werden.

(1) Gliederung nach dem Kontakt zwischen dem Benutzer und der Datenverarbeitungsanlage

Der Benutzer kann entweder seine Aufgabenstellung für die Datenverarbeitungsanlage dem Datenverarbeitungszentrum übergeben, wo sich ein Operator um deren Erledigung kümmert - man spricht von closed-shop-Organisation¹⁾ des Datenverarbeitungszentrums -, oder der Benutzer arbeitet im direkten Kontakt mit der Anlage, also im Zentrum selbst - man spricht von open-shop-Organisation. - Der direkte Kontakt zur Anlage kann jedoch auch durch ein am Arbeitsplatz des Benutzers aufgestelltes Ein- und Ausgabegerät hergestellt werden, wobei der Arbeitsplatz des Benutzers unter Umständen mehrere Kilometer vom Datenverarbeitungszentrum entfernt sein kann.

(2) Gliederung nach der Zeit zwischen der Aufgabenstellung an die Datenverarbeitungsanlage und der Aufgabenerledigung durch die Datenverarbeitungsanlage

Die Aufgaben der Benutzer werden entweder in einen Terminplan eingefügt, was für den Benutzer eine längere unbestimmte Wartezeit bedeuten kann, oder die Aufgaben werden innerhalb einer sehr kurzen Frist, quasi sofort, erledigt, und für den Benutzer entstehen lediglich Wartezeiten, die in der Größenordnung menschlicher Reaktionsfähigkeiten liegen.²⁾

1) S c h n e i d e r , C.: Datenverarbeitungslexikon, a.a.O., Stichwort "closed-shop-organization". " ... Der Programmierer liefert eindeutige Test- bzw. Programmunterlagen und der Operator bedient danach den Rechner ..." Der Gegensatz ist die open-shop-organization, bei der der Programmierer das Programm selbst an der Anlage testen darf oder getestete Programme routinemäßig laufen lassen kann.

2) Bei Datenfernübertragungen kommt den Übertragungszeiten eine besondere Bedeutung zu. Vgl. dazu G r a e f , M., G r e i l l e r , R., H e c h t , G.: Datenverarbeitung im Realzeitbetrieb ..., a.a.O., S. 141.

(3) Gliederung nach der Wahlmöglichkeit in der Aufgabenstellung für die Datenverarbeitungsanlage

Die Benutzer haben entweder die weitgehend freie Wahl zwischen beliebigen Aufgaben, die sie selbst stellen, für die sie selbst Programme entwickeln und für die sie selbst Dateien anlegen können, oder die Benutzer können lediglich unter einer bestimmten Anzahl von gegebenen Programmen wählen, wobei ihnen ebenfalls nur eine begrenzte Anzahl vorgegebener Dateien zur Verfügung steht. Im Grenzfall haben die Benutzer keine Wahlmöglichkeit.

Können die Benutzer die Aufgaben für die Datenverarbeitungsanlage frei wählen und können sie selbst Dateien gemäß ihren eigenen Bedürfnissen anlegen, darf im Regelfall die Gruppe der Benutzer als vorwiegend heterogen angesehen werden. So benötigt beispielsweise das Lohnbüro eines Unternehmens Lohnabrechnungsprogramme und Mitarbeiterdateien, die Verkaufsabteilung benötigt Verkaufsstatistiken und Kundendateien, die Fertigungssteuerung benötigt Kapazitätsbelegungsprogramme der Werkstätten und Dateien mit Daten der Werkstattmaschinen.

Sind dagegen die Benutzer an vorgegebene Programme und Dateien gebunden, darf im Regelfall die Gruppe der Benutzer als vorwiegend homogen angesehen werden. So benötigen beispielsweise sämtliche Reisebüros einer Fluggesellschaft für ihre Flugauskünfte und Platzbuchungen nur einen einzigen Programmkomplex.

In der Tafel Nr. 2 sind die genannten Merkmale zu einer tabellarischen Darstellung zusammengesetzt. Von den $2^3 = 8$ möglichen Kombinationen zu je drei Merkmalen sind zwei Kombinationen nicht real, nämlich die Kombination der indirekten Kontakte des Benutzers mit der Datenverarbeitungsanlage und die kurze Wartezeit. Beide Merkmale schließen sich gegenseitig aus. Ein indirekter Kontakt zwischen dem Benutzer und der Datenverarbeitungsanlage bedeutet immer relativ zeitaufwendige Transporte für die Eingabe- und Ausgabedaten. Die genannten Kombinationsmög-

Wartezeit ist	A u f g a b e n s t e l l u n g		f e s t	
	beliebig	fest	Heterogene Benutzergruppe	Homogene Benutzergruppe
	Benutzer hat Kontakt zur Anlage direkt	Benutzer hat Kontakt zur Anlage indirekt	Benutzer hat Kontakt zur Anlage direkt	Benutzer hat Kontakt zur Anlage indirekt
lang	Multiprogrammbetrieb mit Stapelverarbeitung in open-shop-Organisation und Teilnehmerbetrieb mit vorwiegend Stapelverarbeitung	Multiprogrammbetrieb mit Stapelverarbeitung in closed-shop-Organisation	Teilhaberbetrieb mit Realzeitverarbeitung	nicht üblich
kurz	Teilnehmerbetrieb mit Realzeitverarbeitung oder Time-Sharing-Betrieb oder Vielfachzugriffsbetrieb oder Dialogbetrieb	X	Teilhaberbetrieb mit Realzeitverarbeitung oder Echtzeitbetrieb oder Dialogbetrieb und Prozeßsteuerung	X

Möglichkeiten der Mehrfachausnutzung

lichkeiten sind daher in der Tafel durchgestrichen. Es bleiben somit sechs mögliche Kombinationen. In die Felder dieser sechs Kombinationen sind die aus der Literatur bekannten und im Sprachgebrauch üblichen Bezeichnungen mit ergänzenden Erläuterungen eingetragen.

III.3.2.2. Kriterien und Probleme der Zusammenfassungen im Multiprogrammbetrieb¹⁾ mit Stapelverarbeitung

Beim Multiprogrammbetrieb mit Stapelverarbeitung, sei es in open-shop- oder closed-shop-Organisation, wird durch das Betriebssystem der Eingriff des Benutzers in den Ablauf der Prozesse stark eingeschränkt. So kann der Benutzer beispielsweise nicht mehr wie bei älteren Datenverarbeitungsanlagen ohne weiteres den Prozeß beliebig unterbrechen, Daten in Dateien durch Eingriff ändern oder Korrekturen von Programmfehlern durch direkte Bedienung ausführen. Der Benutzer kann den betreffenden Arbeitsauftrag nur dem System überlassen, und er erhält dann zu einem ihm nicht im voraus näher bekannten Zeitpunkt die Resultate.²⁾

- 1) Zum Begriff des Multiprogrammbetriebes vgl. u.a.:
Baumgartner, C., Gehrig, B.: Elektronische Datenverarbeitungsanlagen, Einführung für Kaufleute, Zürich 1967, S. 150,
Brügge mann, F.W.: Die Wirkungsweise von Programm-Eingriffs-Systemen, in: HMD, hrsg. von H.E. Littmann, Stuttgart 1966, Abschn. 9/4/2, Bl. 8: "Unter Multiprogramming (oder Mehrprogrammbetrieb, d. Verf.) versteht man diejenige Arbeitsweise von elektronischen Rechenanlagen, bei der zur besseren Ausnutzung des Rechenwerkes und der Peripherie sowie zur Erzielung eines höheren Gesamtdurchsatzes eine Rechenanlage (mit nur einem Rechenwerk) 'gleichzeitig' mehrere Programme bearbeitet." Vgl. auch
Fischbach, F.: Datenfernübertragung - Probleme und Begriffsdefinitionen, in: HMD, hrsg. von H.E. Littmann, Stuttgart 1969, Abschn. 9/4/8, Bl. 6 f, und
Graef, M., Greiller, R., Hecht, G.: Datenverarbeitung im Realzeitbetrieb ..., a.a.O., S. 84.
- 2) Warwick, M.: Einführung in die Grundlagen von Betriebssystemen, a.a.O., S. 13.

Durch die eingangs geschilderten Prozeßunterbrechungen, mit deren Hilfe erst eine simultane Verarbeitung mehrerer Prozesse möglich wird, entstehen für den unterbrochenen Prozeß unter Umständen Wartezeiten. Diese Wartezeiten treten dann auf, wenn das von der Zentraleinheit nur angestoßene periphere Aggregat seine Funktion beendet hat und die Zentraleinheit nicht sofort den betreffenden Prozeß weiterführen kann, beispielsweise weil sie mitten in nicht zu unterbrechenden Rechenoperationen ist. Durch dieses Warten verlängert sich die Belegungszeit der Datenverarbeitungsanlage durch den betreffenden Prozeß.¹⁾ Auch müssen Prozesse mit besonders niedrigen Prioritäten unter Umständen besonders lange auf die Weiterverarbeitung warten, während Prozesse mit hohen Prioritäten vorgezogen werden und nur geringe Wartezeiten haben.

Von den für eine Datenverarbeitungsanlage in einem gewissen Zeitabschnitt vorliegenden Aufgaben und deren Prioritäten hängt die sich ergebende Aufgabenkombination bei der Durchführung ab. Durch die Prioritäten ergibt sich unter Umständen im Ablauf, daß solche Prozesse zusammengefaßt werden müßten, deren Kombination entweder nicht zweckmäßig oder im Grenzfall technisch nicht möglich ist. Ist eine Zusammenfassung nicht möglich, sollte das Betriebssystem dafür sorgen, daß eine andere sinnvolle Kombination zustande kommt.²⁾

Je großzügiger eine Datenverarbeitungsanlage mit innerem Speicherplatz und peripheren Aggregaten ausgestattet ist, umso weniger Beschränkungen müssen den Benutzern aufer-

1) Vgl. dazu S c h a t z o f f , M., T s a o , R., W i l k e n s , R.: An Experimental Comparison of Time Sharing and Batch Processing, in: Communications of the ACM, Jg. 10 (1967), S. 261 - 265.

2) Vgl. dazu u.a.: M i l l i s , B.: Weitere Aufgaben von Organisationsprogrammen, a.a.O., S. 50 f, W i l k e n s , M.: Time-Sharing-Betrieb bei digitalen Rechenanlagen, München 1970, S. 75 f. Titel der englischen Originalausgabe: Time-Sharing Computer Systems, London 1968. Übersetzt für die deutsche Ausgabe von W. Bier.

erlegt werden und umso weniger Wartezeiten können entstehen. Dem steht gegenüber, daß bei großzügig ausgelegtem inneren Speicherplatz und großzügig gestalteter Peripherie in erhöhtem Maße Leerkosten entstehen können. Damit liegt auch bei Datenverarbeitungsanlagen mit simultaner Mehrfachausnutzung ein zu der Werkstattfertigung industrieller Betriebe vergleichbares Problem vor. Hier wie dort wird angestrebt, die einzelnen Prozesse mit möglichst wenig Wartezeiten auszuführen, was hier wie dort zu umso größeren Leerkosten führt, je besser es gelingt, die Wartezeiten durch eine Vergrößerung des Leistungsvermögens zu verkürzen.¹⁾²⁾

Während der Multiprogrammbetrieb mit Stapelverarbeitung dem Benutzer den Zugriff zur Datenverarbeitungsanlage sehr einengt, erlaubt der sogenannte Teilnehmerbetrieb³⁾ oder Vielfachzugriffsbetrieb⁴⁾ oder auch Dialogbetrieb

- 1) Vgl. für den Produktionsprozeß und die mit seiner Reihenfolgeplanung verbundenen Probleme beispielsweise G u t e n b e r g , E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Bd. 1: Die Produktion, 14. Aufl., a.a.O., S. 214 ff.
- 2) Auch hier führt der Konflikt zwischen zwei Zielgrößen zu einem Optimalwertproblem, das entweder im Sinne der Optimierungskunde oder im Sinne einer reinen unternehmerischen Entscheidung zu lösen ist. - Zu Optimalwertproblemen vgl. beispielsweise K e r n , W.: Operations Research - Eine Einführung in die Optimierungskunde, 2. Aufl., Stuttgart 1966, S. 16. M ü l l e r - M e r b a c h , H.: Operations Research, a.a.O., S. 1 f.
- 3) Zum Begriff Teilnehmerbetrieb vgl. G r a e f , M., G r e i l l e r , R., H e c h t , G.: Datenverarbeitung im Realzeitbetrieb ..., a.a.O., S. 108. H a e c k e l , St.: Teilnehmerbetrieb und Teilnehmersysteme, in: IBM-Nachrichten, Jg. 18 (1968), H. 188, S. 152 - 154.
- 4) Zum Begriff Vielfachzugriff, im Englischen Multiaccess, vgl. W a r w i c k , M.: Einführung in die Grundlagen von Betriebssystemen, a.a.O., S. 13, M i l l i s , B.: Der Zweck von Organisationsprogrammen, in: Cuttle, G.: Robinson, P.B.: Aufbau von Betriebssystemen, a.a.O., S. 32 ff. G o l d i n g h a m , T.: Das Konzept von GEORGE 3, a.a.O., S. 77 f.

wieder den direkten Kontakt zwischen Benutzer und Datenverarbeitungsanlage und gibt dem Benutzer viele Eingriffsmöglichkeiten.

III.3.2.3. Kriterien und Probleme der Zusammenfassungen im Teilnehmer- oder Vielfachzugriffsbetrieb

Beim Teilnehmer- oder Vielfachzugriffsbetrieb ist jeder Benutzer durch ein Ein- und Ausgabeaggregat, beispielsweise durch einen Fernschreiber, mit der Datenverarbeitungsanlage direkt verbunden. Dabei ist das einzelne Ein- und Ausgabegerät in der Regel beim Benutzer, also an einem vom Datenverarbeitungszentrum entfernten Standort installiert.

Will der Benutzer mit der Datenverarbeitungsanlage im direkten Verkehr arbeiten, will er insbesondere mit ihr rechnen, bestimmte Algorithmen entwickeln und Zwischenergebnisse dieser Entwicklungsarbeiten überdenken¹⁾, entstehen für die Zentraleinheit entsprechende Wartezeiten.²⁾ Wartezeiten von Minuten, sogar nur von Sekunden, sind bei Datenverarbeitungsanlagen mit großem Leistungsvermögen Verluste von kostenmäßiger Bedeutung. Würden viele Benut-

1) Für die Benutzer des Projektes MAC (Multiple Access Computer) am Massachusetts Institute of Technology in Cambridge, USA, hat Scherr in diesem Zusammenhang eine mittlere "Denk-Zeit" von 35,2 Sekunden ermittelt. Scherr, A.L.: An Analysis of Time-Shared Computer Systems. Research Monograph No. 36. The MIT Press, Cambridge, USA 1967, S. 7.

2) Eine derartige Arbeitsweise wird auch als Dialogverkehr zwischen Benutzer und Datenverarbeitungsanlage bezeichnet. Vgl. dazu Goldingham, T.: Das Konzept von GEORGE 3, a.a.O., S. 81 f, und Foster, D.: Sprachen für Benutzerstationen - Dialogbetrieb, beide in: Cuttle, G., Robinson, P.B., Aufbau von Betriebssystemen, a.a.O., S. 112 f. Schneider, C.: Datenverarbeitungslexikon, a.a.O., Stichwort "Dialogbetrieb", "Betrieb eines Rechensystems, bei dem zur Abwicklung einer Aufgabe Wechsel zwischen dem Stellen von Teilaufgaben und den Antworten darauf stattfinden können." Vgl. auch DIN 44300.

zer während ihrer Arbeiten Wartezeiten entstehen lassen, wäre der Teilnehmer- oder Vielfachzugriffsbetrieb wegen der Summe dieser Beschäftigungsverluste ökonomisch nicht zu vertreten.

Man löst das Problem bei verschiedenen Betriebssystemen dadurch, indem das Betriebssystem nicht jedem Benutzer einen eigenen Speicherplatz im Hauptspeicher zuweist, sondern mehreren Benutzern einen entsprechenden Speicherplatz gemeinsam gibt, ihn jedoch zeitlich nacheinander unter die Benutzer aufteilt.¹⁾ Hat die Datenverarbeitungsanlage einen gewissen Arbeitsabschnitt in der Aufgabenstellung des einen Benutzers abgeschlossen, wartet das Betriebssystem nicht, bis der nächste Arbeitsabschnitt vom Benutzer über sein relativ langsames Eingabeaggregat, beispielsweise über den Fernschreiber, eingegeben ist, sondern es sorgt dafür, daß alle Benutzerdaten, die sich im Augenblick im Hauptspeicher befinden, auf einen peripheren Speicher umgespeichert werden. Dann holt das Betriebssystem die benötigten Daten eines anderen Benutzers, der seine Eingabe gerade beendet hat, in den Hauptspeicher, und die Datenverarbeitungsanlage bearbeitet dessen Arbeitsabschnitt. Ist dieser Arbeitsabschnitt ebenfalls beendet, werden wiederum alle Benutzerdaten, die sich im Augenblick im Hauptspeicher befinden, auf einen peripheren Speicher umgespeichert, und das Betriebssystem holt die benötigten Daten eines dritten Benutzers, der seine Eingabe inzwischen beendet hat, in den Hauptspeicher.

Je mehr Benutzer an eine Datenverarbeitungsanlage angeschlossen sind, umso besser können die Denk- und Eingabepausen eines jeden Benutzers genutzt werden. Für den ein-

1) Vgl. dazu beispielsweise
W i l k e s , M.: Time-Sharing-Betrieb ... a.a.O.,
S. 24.
G o l d i n g h a m , T.: Das Konzept von GEORGE 3,
a.a.O., S. 78.

zernen Benutzer bleibt der Eindruck, als ob ihm die Anlage allein gehören würde.

Ist die Anzahl der Benutzer sehr groß, können Wartezeiten für den einzelnen Fall auftreten, die umso größer werden, je mehr Benutzer an die Datenverarbeitungsanlage angeschlossen sind. Es hängt von der Zielsetzung ab, mit der eine Datenverarbeitungsanlage im Vielfachzugriff betrieben wird, welche Wartezeiten man bereit ist, entweder beim Benutzer oder bei der Anlage in Kauf zu nehmen.

Als Beispiele für den Vielfachzugriffs- oder Teilnehmerbetrieb seien die in Hochschulen installierten Rechenanlagen angeführt, zu denen die einzelnen Institute durch Fernschreiber oder ähnliche Aggregate direkten Zugriff haben.

Wenn an früherer Stelle¹⁾ gesagt wurde, daß vorhandenes und erforderliches Leistungsvermögen derart aneinander angepaßt sein sollten, daß sich weder Situationen mit Über- noch mit Unterbeschäftigung ergeben, so findet diese Forderung beim Vielfachzugriffs- oder Teilnehmerbetrieb ihre Grenze in der anderen Forderung, daß die Wartezeiten der einzelnen Benutzer möglichst gering sein sollen. Zwischen beiden Zielsetzungen ist für den realen Fall der bestmögliche Kompromiß zu wählen.

Der Teilnehmerbetrieb ist nach Auffassung der Autoren Graef, Greiller, Hecht in Abhängigkeit von der Art der Aufgabenstellung für das Datenverarbeitungssystem als Realzeitbetrieb oder als Stapelverarbeitung möglich.²⁾ Die Zweckmäßigkeit der Stapelverarbeitung bei Teilnehmerbetrieb wird jedoch von Goldingham, der ihn auch Vielfachzugriffsbetrieb nennt, mit Recht bestritten.³⁾

1) Vgl. S. 78.

2) Graef, M., Greiller, R., Hecht, G.: Datenverarbeitung im Realzeitbetrieb ..., a.a.O., S. 109.

3) Siehe S. 115.

III.3.2.4. Kriterien und Probleme der Zusammenfassungen im Teilhaberbetrieb

Der Teilhaberbetrieb hat mit dem Teilnehmerbetrieb gemeinsam, daß mehrere Benutzer an eine Anlage angeschlossen sind. Er unterscheidet sich jedoch vom Teilnehmerbetrieb dadurch, daß die an die Anlage angeschlossenen Benutzer nur gemeinsame Dateien und gemeinsame Programme benutzen und nicht beliebige neue erstellen können. Als Beispiele für den Teilhaberbetrieb seien hier angeführt die Buchungs- und Auskunftssysteme der Fluggesellschaften, bei denen die Buchungsbüros in den einzelnen Städten als Benutzer über die ganze Erde verstreut bei der gemeinsamen Zentrale Auskünfte über Flüge einholen und Flugbuchungen vornehmen können.¹⁾²⁾

Anm. 3 von S. 114:

G o l d i n g h a m , T.: Das Konzept von GEORGE 3, a.a.O., S. 78. Goldingham bezeichnet " ... Vielfachzugriff und Stapelverarbeitung als diametral entgegengesetzt ...". Zu berücksichtigen ist hierbei, daß die Autoren Graef, Greiller, Hecht in erster Linie die denkbaren Möglichkeiten aufzeigen wollen, ohne dabei an ein spezielles System und eine spezielle Maschinenausstattung zu denken, während Goldingham über eine bestimmte große Datenverarbeitungsanlage der ICL der Serie 1900 mit einer bestimmten Ausstattung der Benutzerstationen seine Ausführungen macht.

1) Vgl. beispielsweise

P i l o t y , R., Z s c h e k e l , H.: Elektronisches Auskunftssystem über die Verfügbarkeit von Passagierplätzen im Luftverkehr, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 1 (1958), H. 1, S. 6 - 10. - Nachdruck in: SEL-Nachrichten, Jg. 7 (1957), H. 1, S. 16 - 27.

M a n t o v a n i , R.B.: Das neue Reservationssystem der SWISSAIR - Echtzeitverarbeitung mit vier integrierten Arbeitsgebieten, in: IBM-Nachrichten, Jg. 20 (1970), H. 99, S. 22 - 27.

2) Neben Flugbuchungssystemen ist eine Reihe anderer entsprechender Systeme bekannt. So beispielsweise
L ö s c h , J.: Reservierung von Platzkarten bei der Deutschen Bundesbahn, in: SEL-Nachrichten, Jg. 6 (1958), H. 3, S. 119 - 126, und
Z s c h e k e l , H.: Aufbau und Funktionen des INFORMATIK-Systems "Quelle", in: SEL-Nachrichten, Jg. 5 (1957), H. 4, S. 117 - 182, sowie
(Forts. d. Anm. auf S. 116)

Derartige Systeme erfordern häufig äußerst kurze Reaktionszeiten der Datenverarbeitungsanlage, da von der Schnelligkeit der Antwort, die das System auf Anfragen der Benutzer erteilt, und von der Schnelligkeit, mit der Buchungsvorgänge ablaufen, der gesamte Kundenverkehr abhängt.¹⁾ Wird beim Teilhaberbetrieb Stapelverarbeitung angewendet²⁾, entstehen gewisse Wartezeiten, die unter anderem von den Stapelgrößen abhängen.

Im Prinzip sind bei Datenverarbeitungsanlagen, die im Teilhaberbetrieb arbeiten, alle peripheren Speicheraggregate und auch die Zentraleinheit ständig aktiviert, also einsatzbereit, weil die Anfragen an die verschiedenen Speicher über die gesamte Arbeitszeit des Tages stochastisch verteilt eintreffen können.

Mit der simultanen Mehrfachausnutzung von Datenverarbeitungsanlagen, insbesondere mit dem Teilnehmer- und Teil-

(Forts. d. Anm. 2 von S. 115):

M e r t e n s , P.: Zur neueren Entwicklung des Time-Sharing, a.a.O., S. 559 f. Mertens berichtet über Erfahrungen aus den Vereinigten Staaten von Amerika:

"Am bekanntesten wurden Systeme zur Abfrage der neuesten Daten der Wertpapierbörsen, daneben die Telekredit-Datenbank in Los Angeles, die von Einzelhändlern vor dem Einlösen von Schecks abgefragt werden kann. Im Bereich der öffentlichen Verwaltung sind Zentren zur Dokumentation von Kriminaldaten (so in New York), von Verkehrsstrafen (in San Diego), zur Dokumentation des jeweiligen Bestandes von Blutbanken, zur Dokumentation der Rechtsprechung (in Pittsburgh) und zur Dokumentation von Daten über Pharmazeutika im US-Gesundheitsministerium am weitesten fortgeschritten.

- 1) Man spricht aus diesem Grunde von Echtzeit- oder Realzeitverarbeitung. Vgl.

G r a e f , M., G r e i l l e r , R., H e c h t , G.: Datenverarbeitung im Realzeitbetrieb, a.a.O., S. 83:

"Eine Datenverarbeitungsanlage arbeitet im Realzeitbetrieb (Echtzeitbetrieb, Realtime-Betrieb, realtime-processing), wenn sie mit direkt angeschlossenen Vorgängen schritthaltend arbeitet und dabei gezwungen wird, sich in ihren Abläufen diesen außerhalb der Datenverarbeitungsanlage liegenden Vorgängen anzupassen."

- 2) Vgl. dazu auch

G r a e f , M., G r e i l l e r , R., H e c h t , G.: Datenverarbeitung im Realzeitbetrieb, a.a.O., S. 109.

haberbetrieb, öffnen sich neue Wege für den wirtschaftlichen Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen. Erstmals ist auf ökonomische Weise eine ständige Mensch-Maschine-Kommunikation¹⁾ ermöglicht, die im betrieblichen Ablauf einer kurzfristigen Entscheidungsfindung²⁾ dienen kann. Das Bedeutsame an dieser kurzfristigen Entscheidungsfindung ist nicht nur die verbesserte Aktualität der Basisdaten, es ist auch die Möglichkeit, komplexe Auswertungen der bekannten Daten in einer Zeitspanne zu ermöglichen, die weit außerhalb der menschlichen Arbeitsgeschwindigkeit liegt.

Damit öffnen sich die Wege zur Schaffung von betrieblichen Informationssystemen³⁾, in denen auch die Interde-

- 1) Zum Problem der Mensch-Maschine-Kommunikation vgl. Menßen, K.-H.: Zur Bedeutung und organisatorischen Gestaltung der betrieblichen Mensch-Maschine-Kommunikation, Diss., Köln 1971.
- 2) Auf die Bedeutung der Mensch-Maschine-Kommunikation im Rahmen von Entscheidungsfindungen weist Menßen hin, wenn er in der Darstellung von Forrester als Entscheidungsfindung die Umsetzung von Informationen in Aktionen versteht.
Menßen, K.-H.: Zur Bedeutung und organisatorischen Gestaltung ..., a.a.O., S. 13,
Forrester, J.W.: Managerial Decision Making, in: Management and the Computer of the Future, hrsg. von M. Greenberger, New York - London 1962, S. 37:
"Management is the process of converting information into action. The conversion process we call decision making."
- 3) Zum Begriff und zu den Zielen betrieblicher Informationssysteme vgl.
Dantine, D.: Communications Needs of the User for Management Information Systems. AFIPS, Bd. 29, 1966, S. 403.
Niederberger, A.: Das betriebliche Informationssystem, Wiesbaden 1967, S. 73 ff.
Begged-Dov, A.: An Overview of Management Science and Information System, Management Science, Jg. 13, 1967, No. 12, S. B-826.
Martino, R.: The Language of Information Systems. Data Processing Magazine, Jg. 8, 1967, No. 2, S. 24 - 27, No. 3, S. 30 - 33.
Lutz, Th., Beutler, H.: Management Information Systems (MIS). Begriffe und Konzeption für Management Informationssysteme, in: IBM-Nachrichten, Jg. 18 (1968), H. 191, S. 368.
(Forts. d. Anm. auf S. 118)

pendenzen zwischen einzelnen Teilbereichen der Unternehmung bei der Entscheidungsfindung mit berücksichtigt werden können.

III.3.2.5. Zusammenfassungen vom Typ 2 als besondere Stufe der Automatisierung

Viele Jahre galten für den Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen zur Rationalisierung nur jene Gebiete als besonders zweckmäßig, in denen große Datenmengen nach jeweils einheitlichem Schema zu verarbeiten sind. Es bot sich ein gleichartiges Bild wie in der industriellen Produktion, wo lange Zeit die Massenfertigung als typisches Gebiet für Rationalisierungsmaßnahmen angesehen wurde.¹⁾ Als Beispiele für die Verarbeitung großer Datenmengen seien staatliche Statistiken und Abrechnungen von Löhnen und Gehältern in Großbetrieben mit einer Vielzahl von Arbeitern und Angestellten, aber auch technisch-wissenschaftliche sowie ökonometrische Berechnungen, die einen immer wiederkehrenden erheblichen Rechenaufwand erfordern, genannt.²⁾ Auf diesen Gebieten schienen sich die kostspieligen technischen Neuerungen der automatisierten Datenverarbeitung mit wirtschaftlichem Nutzen relativ leicht anzuwenden. Hier ließ sich der Aufwand für technische Neuerungen nicht nur aus Gründen der Schnelligkeit, sondern vorwiegend auch

(Forts. d. Anm. 3 von S. 117):

W a h l , M.: Grundlagen eines Management-Informationssystems, Neuwied - Berlin 1969, S. 18.

- 1) Vgl. dazu E l l i n g e r , Th.: Industrielle Wechselproduktion, in: Produktivität und Rationalisierung - Chancen, Wege, Forderungen. Hrsg. vom Rationalisierungskuratorium der Deutschen Wirtschaft e.V., Frankfurt a.M. - Hamburg 1971, S. 197 - 205, hier S. 196 ff.
- 2) Die staatliche Statistik, die elfte Volkszählung in Amerika im Jahre 1890 war auch das erste Einsatzgebiet der von Hermann Hollerith entwickelten ersten Lochkartenmaschine. In Deutschland fand die Lochkartentechnik im Jahre 1910 Eingang in die staatlichen Statistiken ebenfalls anlässlich einer Volkszählung. Aus F u t h , H.: Die Technik der elektronischen Datenverarbeitung, München - Wien 1970, S. 27 f.

dadurch rechtfertigen, daß sich die hohen, von der Anzahl zu verarbeitender Informationen unabhängigen Kosten zur Vorbereitung des mechanisierten und automatisierten Ablaufs auf eine große Anzahl von Informationen bzw. Daten verteilen, wobei sich die variablen Kosten für den einzelnen Verarbeitungsvorgang entsprechend reduzierten.

Nun sind Datenverarbeitungsanlagen in einer Vielzahl von Fällen für heterogene Benutzergruppen eingesetzt, die jeweils eigene Programme entwickeln und mit deren Prozessen das Leistungsvermögen der Anlagen im ständigen Wechsel unterschiedlich genutzt wird. Damit ist jedoch der Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen für Prozesse, die für eine jeweils eng begrenzte Prozeßdauer ein besonders großes quantitatives und umfangreiches qualitatives Leistungsvermögen benötigen, vom ökonomischen Standpunkt gesehen häufig dann nicht mehr zu vertreten, wenn nicht genügend weitere Prozesse mit ähnlichen Anforderungen an das Leistungsvermögen auszuführen sind. Strukturiert man die Datenverarbeitungsanlage nach den wenigen Prozessen mit den größten Anforderungen, entstehen durch die nicht angepaßten Prozesse Leistungsverluste. Derartige Verluste lassen sich lediglich dann hinnehmen, wenn entweder bestimmte Datenverarbeitungsprozesse für unternehmerische Entscheidungen so bedeutsame Grundlagen liefern, daß die Vorteile der zweckmäßigen Entscheidung den Verlust durch Leerkosten rechtfertigen oder wenn auch trotz der Leerkosten der Einsatz der Datenverarbeitungsanlage das einzige oder das wirtschaftlichste Verfahren ist.

Waren die genannten Voraussetzungen nicht gegeben, schien der Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen unmöglich. Erst die Zusammenfassungen vom Typ 2 erweiterten die Einsatzmöglichkeiten der Datenverarbeitungsanlagen. Jetzt wurde es auch ökonomisch vertretbar, für die Verarbeitung kleinerer Datenmengen die automatisierte Datenverarbeitung einzusetzen. Der entscheidende Schritt war damit getan, daß Betriebssysteme eingeführt wurden, die dafür sorgen,

daß Wartezeiten der Zentraleinheit im Ablauf eines Prozesses durch Arbeiten für einen anderen Prozeß genutzt werden. Das Umschalten von einem zum anderen Prozeß kann jedoch nur unter völligem Verzicht auf menschliche Eingriffe erfolgen. Jeder menschliche Eingriff in den Ablauf eines Prozesses und in den Umschaltvorgang von einem Prozeß zum anderen bedeutet wegen der relativ langsamen Arbeitsweise des Menschen und wegen seiner relativ langen Reaktionszeit einen hohen Beschäftigungs- bzw. Intensitätsverlust für die Datenverarbeitungsanlage.¹⁾ Erst die Übernahme aller den Umschaltvorgang steuernden Impulse durch die Datenverarbeitungsanlage selbst bzw. durch ihr Betriebssystem machte es möglich, die für menschliche Reaktionen viel zu kurzen Zeitabschnitte in einer Art Wechselproduktion der Zentraleinheit zu nutzen.

Diese Reduktion der steuernden menschlichen Impulse und die Übergabe der Impulse an das ausführende technische Aggregat ist auch bekannt aus der industriellen Produktion durch die Arbeitsweise der numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen.²⁾ Der Grundgedanke der numerischen

- 1) W a r w i c k , M.: Einführung in die Grundlagen von Betriebssystemen, a.a.O., S. 10: " ... als die erste Rechnergeneration von der zweiten mit bis zu hundertfacher Geschwindigkeit abgelöst wurde, entstanden neue Probleme. Besonders konnte wegen der großen Geschwindigkeitssteigerung eine langsame Bedienung nicht länger in Kauf genommen werden außer bei Programmen mit sehr langer Laufzeit." - S. 12: Der Wunsch nach einer Reduzierung der menschlichen Eingriffe und einer Vereinfachung der Arbeit des Benutzers ließ die Größe und die Aufgaben der Betriebssysteme gewaltig ansteigen."
- 2) Die Idee der numerischen Steuerung ist relativ jung. Ausgangspunkt war der Großflugzeugbau in den USA um 1949/50, wo man vor dem Problem stand, sehr große Werkstücke komplizierter Form nicht mehr mit den herkömmlichen Methoden, mit abtastbaren Großmodellen spanabhebend bearbeiten zu können. Zitiert nach Herold, H.H.: Der Stand der Entwicklung der numerischen Steuerung in den USA, in: M o l l , H., S i m o n , W., H e r o l d , H.H., F r e n z , W.: Rationalisierung der Einzel- und Kleinserienfertigung durch Einsatz numerisch gesteu- (Forts. d. Anm. auf S. 121)

Steuerung ist dabei, Werkzeugmaschinen so zu bauen, daß sie Maßzahlen oder zahlenmäßige Formangaben eines Werkstückes in der Zahlensprache des Menschen unmittelbar ohne seine Einschaltung "verstehen" und "verarbeiten" können.¹⁾ Dafür werden alle zur Steuerung der Maschine benötigten Daten nach bestimmten Methoden entsprechend verschlüsselt. Im Idealfall der vollkommen numerisch gesteuerten Maschine enthält der Informationsträger sämtliche zur Steuerung der Maschine benötigten Daten. Der Bedienungsmann braucht diesen nur noch in das Lesegerät der Maschine zu legen. Durch das Auswechseln des Informationsträgers ist im wesentlichen schon die Umstellung auf ein anderes Werkstück vollzogen.²⁾

Damit hat sich sowohl im industriellen Produktionsprozeß wie auch im Datenverarbeitungsprozeß das Prinzip, die steuernden menschlichen Impulse mehr und mehr auf die Maschine zu verlagern, als wesentliche Grundlage für die Rationalisierung der Wechselproduktion bei kleinen Verarbeitungsmengen bewährt.³⁾⁴⁾

(Forts. d. Anm. 2 von S. 120):
steuerter Werkzeugmaschinen. Vorträge und Auszüge aus der Diskussion in der Sitzung der Arbeitsgruppe Forschung und Technik am 13. März 1963. Veröffentlichung der Arbeitsgemeinschaft für Rationalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 68, S. 17 - 34, hier S. 17.
K o h r i n g , G.: Grundlagen und Praxis numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen, München 1966, S. 11, u.
S i m o n , W.: Die numerische Steuerung von Werkzeugmaschinen, 2. Aufl., München 1971, S. 2.

- 1) S i m o n , W.: Die numerische Steuerung ..., a.a.O., S. 1. Vgl. dazu auch die Darlegungen über numerische Vorgänge allgemein bei
M i t t h o f , F.: Numerisch gesteuerte Fertigung, 2. Aufl., Mainz 1973, Bd. 6 der Buchreihe "Produktionstechnik heute", hrsg. v. H.J. Warnecke, S. 17 ff.
- 2) K o h r i n g , G.: Grundlagen und Praxis ..., a.a.O., S. 14.
- 3) Vgl. zum Problem der numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen, ihrer Arbeitsweise und den damit erzielbaren Produktivitätsverbesserungen weiterhin:
M o l l , H., S i m o n , W., H e r o l d , H.H., F r e n z , W.: Rationalisierung der Einzel- und Kleinserienfertigung ..., a.a.O.
(Forts. d. Anm. auf S. 122)

Bei Wahl eines zweckmäßigen Abstraktionsgrades findet die hier dargestellte Gleichartigkeit der Rationalisierung des Datenverarbeitungsprozesses und des industriellen Produktionsprozesses in allen Stufen der technischen Entwicklung bereits Parallelen, auf die kurz eingegangen werden soll.

Mellerowicz¹⁾ unterscheidet in der Produktionstechnik folgende Typen, von denen die Automation als höchste Stufe angesehen wird:

1. Handarbeit,
2. Mechanisierte Produktion,
3. Automatisierte Produktion,
4. Automation.²⁾

(Forts. d. Anm. 3 von S. 121):

S e m r a d , H.: Numerisch gesteuerte Maschinen, Berlin 1968.

S i m o n , W. (Hrsg.): Produktivitätsverbesserungen mit NC-Maschinen und Computern - Investitionsentscheidungen im Rahmen der Beschaffung neuzeitlicher Fertigungsmittel, München 1969.

W o j d a , F.: Zeitwirtschaft und wirtschaftliche Teilleauswahl für numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen - Grundlagen für den betrieblichen Verfahrensvergleich und die Investitionsrechnung, Bd. 16 der Schriftenreihe Arbeitswissenschaft und Praxis, Berlin - Köln - Frankfurt 1970.

Anm. 4 von S. 121:

Zu dem generell gültigen Prinzip, menschliche Steuerungsimpulse zum Zwecke der Rationalisierung auf das maschinelle Aggregat zu übertragen, vgl.

E l l i n g e r , Th.: Industrielle Wechselproduktion ..., a.a.O., S. 198 ff.

1) M e l l e r o w i c z , K.: Betriebswirtschaftslehre der Industrie, Bd. II, 6. Aufl., Freiburg i.Br. 1968, S. 362.

2) Vgl. dazu auch die differenziertere Stufung von K i r c h n e r , J.-H.: Die Skalierung des Standes von Mechanisierung und Automatisierung - Literaturauswertung und Folgerungen für einen eigenen Vorschlag, in: Möglichkeiten der Festsetzung von Stufen der Mechanisierung und Automatisierung - Referate eines Kolloquiums, Bd. 4 der Schriftenreihe "Arbeitswissenschaft und Praxis", Berlin - Köln - Frankfurt 1968, S. 13 - 18, hier S. 17.

Völlig reine H a n d a r b e i t, ausgeführt ohne jegliches Hilfsmittel ist im Produktionsprozeß fast nie anzutreffen. Wenn auch bei der Handarbeit Werkzeuge benutzt werden, beispielsweise Schraubenzieher, Reibahlen, Hammer, nehmen sie der Handarbeit doch nicht ihren spezifischen Charakter. Das Entscheidende der Handarbeit liegt darin, daß das Arbeitsergebnis völlig von der Leistungsfähigkeit des arbeitenden Menschen abhängt. Er allein führt, steuert und kontrolliert die eingesetzten Werkzeuge mit der Hand.¹⁾ Es bleibt zu ergänzen, daß dieser Führungs-, Steuerungs- und Kontrollvorgang gewisse geistige, also datenverarbeitende Funktionen des Gehirns des arbeitenden Menschen erfordert.

Dieser Handarbeit im industriellen Produktionsprozeß steht der menschliche Datenverarbeitungsprozeß nur mit Hilfe seines Gehirns und seiner Denkfähigkeiten gegenüber. Der Denkvorgang wird lediglich unterstützt von Hilfsmitteln wie beispielsweise Bleistift und Papier. Der Mensch allein denkt, rechnet, kombiniert und prüft seine Denkergebnisse schließlich an seiner eigenen Erfahrung. Papier und Bleistift bilden lediglich Gedächtnisstützen, um einzelne Zwischenergebnisse des Denkprozesses festzuhalten. Das Entscheidende dieser untersten Entwicklungsstufe des Datenverarbeitungsprozesses liegt wie beim industriellen Produktionsprozeß darin, daß das Arbeitsergebnis völlig von der Leistungsfähigkeit des denkenden Menschen abhängt.

Der Begriff der m e c h a n i s i e r t e n P r o - d u k t i o n läßt sich vereinfachend dadurch kennzeichnen, daß sowohl Aufgaben der Energieerzeugung und -umwandlung als auch der Geschicklichkeit der menschlichen Hand auf Maschinen übertragen werden. Dabei übernimmt die Maschine häufig die Führung der Werkzeuge und auch Werkstücke, und der Mensch beschränkt sich auf die

1) M e l l e r o w i c z , K.: Betriebswirtschaftslehre der Industrie, Bd. II, a.a.O., S. 362.

Steuerungsfunktionen.¹⁾ Entscheidend für die mechanisierte Produktion ist, daß der Mensch und die Maschine gemeinsam das Arbeitsergebnis in seiner Qualität bestimmen. Dem Menschen bleibt auch vorbehalten, für den An- und Abtransport der Werkstoffe und Werkstücke zu sorgen.²⁾³⁾

Dieser mechanisierten Produktion steht ein entsprechend mechanisierter Datenverarbeitungsprozeß gegenüber, der einfachste Lochkartensortieraggregate und Lochkartenrechenautomaten⁴⁾ umfaßt. Hiermit können einfache Sortier- und Rechenoperationen mit großer Geschwindigkeit und Genauigkeit durchgeführt werden, wozu der Mensch bei gleicher zur Verfügung stehender Zeit nicht in der Lage wäre. Jedoch auch für den mechanisierten Datenverarbeitungsprozeß ist ähnlich wie für den mechanisierten Produktionsprozeß entscheidend, daß der Mensch und die Maschine in einem relativ hohen Maße gemeinsam das Arbeitsergebnis bestimmen.⁵⁾⁶⁾

-
- 1) M e l l e r o w i c z , K.: Betriebswirtschaftslehre der Industrie, Bd. II, a.a.O., S. 367.
 - 2) M e l l e r o w i c z , K.: Betriebswirtschaftslehre der Industrie, Bd. II, a.a.O., S. 368.
 - 3) Zum Begriff der Mechanisierung vgl. auch W i n k e l h a g e , F.: Mechanisierung, in: HWO, a.a.O., Sp. 985 - 990.
 - 4) Vgl. beispielsweise den Rechenstanzer vom Typ IBM 609, der mit Hilfe einer auswechselbaren Schalttafel zur Einstellung der gewünschten Maschinenoperationen Rechenergebnisse aus Daten einer Lochkarte in dieselbe oder in eine folgende Lochkarte stanzen kann.
I B M (Hrsg.): Handbuch 609 Rechenstanzer, IBM-Form 74 832, S. 7.
 - 5) Wird das Lochkartenpaket beispielsweise in falscher Richtung eingelegt, ist das Arbeitsergebnis unbrauchbar. Sorgt das Bedienungspersonal der Anlage nicht laufend für den An- und Abtransport der Lochkarten, sinkt das Arbeitsergebnis augenblicklich auf Null.
 - 6) Vgl. zu diesen Entwicklungsstufen der Datenverarbeitung und der Gegenüberstellung zur industriellen Produktion auch die eingehenden Darstellungen von G r o c h l a , E.: Automation und Organisation, a.a.O., S. 26 f.

Der Begriff der automatisierten

Produktion enthält gegenüber der Automation¹⁾ nur einzelne Ausschnitte des Produktionsprozesses automatisiert, während eine Integration der Bearbeitungsvorgänge ganzer Fertigungsprozesse noch nicht erfolgt.²⁾ Hierunter fallen begrenzte Automatisierungen, die noch keinen merklichen Einfluß auf die gesamte Betriebsorganisation haben, wie beispielsweise der Einsatz einfacher, numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen, die nicht eine weitgehende Integration großer Fertigungsbereiche, insbesondere auf dem Wege über die Materialflußorganisation und Fertigungssteuerungsmethoden erfordern.³⁾

- 1) Zum Begriff der Automation vgl.

G r o c h l a , E.: Automation und Organisation, a.a.O., S. 23. Grochla versteht unter Automation " ... die selbsttätige Erfüllung vom Menschen gesetzter Aufgaben durch die von ihm geschaffenen Sachmittel". Siehe auch

G r o c h l a , E.: Automation, in: HWO, a.a.O., Sp. 249 - 257.

In der detaillierteren Darstellung von Dolezalek ist Automation " ... die Schaffung technischer Anlagen, die so arbeiten, daß der Mensch weder ständig noch in festgelegtem Rhythmus von ihnen in Anspruch genommen wird".

D o l e z a l e k , C.M.: Die technischen Grundlagen der Automatisierung unter besonderer Berücksichtigung der Fertigungstechnik. Referat vor dem Kongreß der Internationalen Forschungsgemeinschaft (CIRP) vom 9. bis 15. September 1962 in Den Haag, Holland. Sonderdruck der Technischen Hochschule Stuttgart, Bl. 4.

Vgl. auch D o l e z a l e k , C.M.: Automatisierung, in: VDI-Zeitschrift, Bd. 68 (1956), Nr. 12, S. 563/564.

D o l e z a l e k , C.M.: Automatisierung und Produktivität, in: VDI-Berichte: Automatisierung der Fertigung, Düsseldorf 1962, S. 7 - 9.

- 2) M e l l e r o w i c z , K.: Betriebswirtschaftslehre der Industrie, Bd. II, a.a.O., S. 363.
- 3) Vgl. dazu S i m o n , W.: NC-Maschinen und Betriebsorganisation, in: Simon, W. (Hrsg.): Produktivitätsverbesserungen mit ..., a.a.O., S. 21 - 42, hier insbesondere die tabellarischen Darstellungen S. 38 ff, jeweils Sp. 6 und 7, und S i m o n , W.: Rationelle Kleinserienfertigung mit numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen, in: Rationalisierung, Jg. 17 (1966), S. 55 - 61, hier insbesondere S. 56.

Das eigentliche Anwendungsgebiet der automatisierten Produktion liegt vorwiegend in der Serien- und Sortenfertigung sowie in der Massenfertigung, falls bei letzterer nicht die volle Automation wirtschaftlicher ist. Den erstrebten wirtschaftlichen Nutzen bringen nach Mellerowicz teure Anlagen mit numerischer Steuerung nur dann, wenn ein hoher Ausnutzungsgrad, geringe Stillstandzeiten und möglichst kontinuierliche Fertigung gesichert sind. Das setzt große Serien voraus.¹⁾ Dem ist jedoch entgegenzuhalten, daß auch bei häufig wechselnden Kleinserien, die sich oft wiederholen, eine numerische Steuerung helfen kann, wesentliche Einrichtekosten zu sparen.²⁾

Der automatisierten Produktion steht ein entsprechend automatisierter Datenverarbeitungsprozeß gegenüber, für den Datenverarbeitungsanlagen der sogenannten zweiten Generation und auch kleinere Anlagen modernster Bauart geeignet sind. Hier werden einzelne Teilprozesse automatisiert, ohne daß die gesamte Betriebsorganisation wesentliche Umstellungen hinnehmen muß.³⁾ Das eigentliche Anwendungsgebiet automatisierter Datenverarbeitungsprozesse liegt im Bereich großer Datenmengen, wo auch die ersten Einsatzgebiete dieser Datenverarbeitungsanlagen zu finden sind.⁴⁾

1) M e l l e r o w i c z , K.: Betriebswirtschaftslehre der Industrie, Bd. II, a.a.O., S. 372.

2) S i m o n , W.: Rationelle Kleinserienfertigung mit numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen, a.a.O., S. 55 - 61.

F r e n z , W.: Wirtschaftlichkeitsfragen und praktischer Einsatz der numerisch gesteuerten Maschinen, in: Moll, H., Simon, W., Herold, H.H., Frenz, W.: Rationalisierung der Einzel- und Kleinserienfertigung, a.a.O., S. 39 - 52. Aus den dort angegebenen Zeit- und Kostenvergleichen mit herkömmlichen Werkzeugmaschinen geht hervor, daß in bestimmten Fällen der Einsatz numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen wirtschaftliche Vorteile bringt. Vgl. dazu auch

M i t t h o f , F.: Numerisch gesteuerte Fertigung, a.a.O., S. 96 f.

3) Gedacht ist beispielsweise an die automatisierte Lohnabrechnung mit Computern oder an statistische Auswertungen bei Volkszählungen.

4) Vgl. S. 118.

Die **A u t o m a t i o n** bildet in dieser Begriffs-
folge die letzte Stufe. Prüft man den Grad der Auto-
mation technischer Anlagen daran, inwieweit der Mensch
weder ständig noch in festgelegtem Rhythmus von ihnen in
Anspruch genommen wird¹⁾, läßt sich feststellen, daß vie-
le Vorgänge automatisch ablaufen, ohne daß es zum Bewußt-
sein kommt, während bei vielen technischen Einrichtungen,
die wir automatisch nennen, wichtige Voraussetzungen für
eine vollständige Automatisierung noch nicht erfüllt
sind.²⁾ Insbesondere im Bereich der Fertigungstechnik³⁾
findet sich die vollständige Automatisierung noch relativ
selten. Wenn sich auch heute schon das Bild einer vollau-
tomatisierten Fertigung zeichnen läßt⁴⁾, wird der Weg bis
zu diesem Ziel für weite Teile der industriellen Produk-
tion wenn nicht unmöglich, so doch recht schwierig
sein.⁵⁾⁶⁾ Dieser Weg ist gekennzeichnet durch die enge

- 1) Vgl. S. 125, Anm. 1, mit der Definition des Begriffes
Automatisierung von Dolezalek.
- 2) D o l e z a l e k , C.M.: Die technischen Grundlagen
..., a.a.O., Bl. 4 und 5.
- 3) Zum Begriff der Fertigungstechnik vgl.
D o l e z a l e k , C.M.: Die technischen Grundlagen
..., a.a.O., Bl. 5 und Bl. 38, Bild 3 und 4. - Doleza-
lek unterscheidet zwischen den drei Hauptgebieten
Energietechnik, Verfahrenstechnik und Fertigungstech-
nik. Die Energietechnik liefert die Energie, die Ver-
fahrenstechnik die geeigneten Stoffe. Die Produkte
beider Gruppen besitzen keine definierte geometrische
Form (Bl. 6). Demgegenüber dient die Fertigungstechnik
der Erzeugung solcher Produkte, die eine definierte
Gestalt haben.
- 4) O p i t z , H.: Produktionstechnik - morgen, in: RKW
(Hrsg.): Produktivität und Rationalisierung, a.a.O.,
S. 192 - 196. Vgl. auch
D i e b o l d , J.: Die automatische Fabrik, Nürnberg
1954.
- 5) Anzumerken ist, daß in einigen wenigen Sparten der in-
dustriellen Produktion dieses Ziel in Einzelfällen er-
reicht sein dürfte. Hier ist besonders die chemische
Produktion zu nennen. Vgl. dazu
H ä m m e r l i n g , F.: Automation - ihr Weh und ih-
re Folgen, in: RKW (Hrsg.): Produktivität und Rationa-
lisierung, a.a.O., S. 206 - 209, hier S. 206.
- 6) Besondere Schwierigkeiten werden sich hier für die
Fertigungstechnik ergeben, während wir in der Energie-
(Forts. d. Anm. auf S. 128)

Verbindung des realtechnischen Produktionsprozesses mit dem formalen Datenverarbeitungsprozeß¹⁾²⁾, wobei dessen realtechnische Abläufe ihrerseits den produktionstechnischen Abläufen weitgehend gleichen.

Soll der industrielle Produktionsprozeß unter weitgehender Ausschaltung steuernder menschlicher Impulse, die einer Datenverarbeitungsanlage anvertraut werden, ablaufen, darf die Datenverarbeitungsanlage ihrerseits nicht von steuernden menschlichen Impulsen abhängig bleiben. In gleichem Maße wie der industrielle Produktionsprozeß automatisiert wird, muß auch der ihn steuernde realtechnische Datenverarbeitungsprozeß in seiner Automatisierung fortschreiten, denn er selbst ist es, der die Automatisierung des Produktionsprozesses erst ermöglicht.

Wegen der häufig wesentlich größeren Arbeitsgeschwindigkeit der elektronisch ablaufenden Funktionen der Datenverarbeitungsanlage gegenüber den mechanisch bedingten Abläufen industrieller Produktionsaggregate, wird die Datenverarbeitungsanlage häufig in der Lage sein, eine Vielzahl von Produktionsaggregaten simultan zu steuern. Der Automatisierungsgrad der Steuerungsarbeiten einer Datenverarbeitungsanlage wird also u.a. daran zu erkennen sein, in welchem Maße sie mit der eingangs geschilderten "Wechselproduktion der Zentraleinheit"³⁾ in der Lage ist, dieser simultanen Steuerung gerecht zu werden.⁴⁾

(Forts. d. Anm. 6 von S. 127):
erzeugung und -verteilung heute schon von einer vollständigen Automatisierung sprechen können. Nach
D o l e z a l e k , C.M.: Die technischen Grundlagen
..., a.a.O., Bl. 6 und 7.

- 1) Vgl. S.8 mit Anm.2)
- 2) Simon bezeichnet sogar "Die Werkzeugmaschine als datenverarbeitendes System".
S i m o n , W.: Die numerische Steuerung ..., a.a.O., S. 27.
- 3) Siehe S.120.
- 4) Hier ist neben der Anzahl der simultan zu regelnden Produktionsprozesse, was als reines Quantitätsproblem (Forts. d. Anm. auf S. 129)

Die Automation der Datenverarbeitung läßt sich jedoch unabhängig vom industriellen Produktionsprozeß als Phänomen eigener Art betrachten¹⁾, wobei sie den Informationsfluß der betreffenden wirtschaftenden Einheit zwangsläufig stark verändert gegenüber einem nicht automatisierten Informationsfluß. Dieser Einfluß der Automatisierung auf den Informationsfluß gleicht dem Einfluß der Automation des industriellen Produktionsprozesses auf den Materialfluß und auf die gesamte organisatorische Struktur der betreffenden Einheit.²⁾

Die dargestellten Anwendungen von Datenverarbeitungsanlagen für Automationsaufgaben und ihre eigene Automatisierung, die eine wirtschaftliche simultane Mehrfachausnutzung größerer Aggregate ermöglicht, waren bisher ein wichtiger, jedoch nicht der alleinige Grund für den steigenden Einsatz größerer und größter Datenverarbeitungsanlagen.³⁾ Für die Erweiterung des Einsatzes von Datenverarbeitungsanlagen, insbesondere von Großanlagen, spricht in einigen Fällen auch die von vielen Autoren festgestellte Kostendegression für größere und leistungsfähigere Anlagentypen⁴⁾, was aus der industriellen Produktion

(Forts. d. Anm. 4 von S. 127):

des Leistungsvermögens der Datenverarbeitungsanlage zu betrachten ist, die Anzahl der je Prozeß simultan zu regelnden Größen, verglichen mit der Gesamtzahl aller notwendigerweise zu regelnden Größen, von Interesse. Ebenso interessiert der Toleranzbereich, mit dem Störgrößen auftreten dürfen, die automatisch ausgeregelt werden können, wiederum verglichen mit dem Toleranzbereich, mit den Störgrößen real auftreten können.

- 1) Schließlich werden Datenverarbeitungsanlagen nicht nur im Zusammenhang mit der industriellen Produktion betrieben.
- 2) Vgl. hierzu die umfassenden Ausführungen von G r o c h l a , E.: Automation und Organisation ..., a.a.O.
- 3) Vgl. dazu die jährlich von Diebold (Unternehmensberatung) veröffentlichten Statistiken über die Anzahl und den Mietwert der je Computerhersteller eingesetzten Datenverarbeitungsanlagen.
- 4) Vgl. dazu beispielsweise:
(Forts. d. Anm. auf S. 130)

in Bezug auf wachsende Produktionsaggregate bereits bekannt ist.¹⁾

So beobachteten Kittel und Mertens bei peripheren Aggregaten, insbesondere bei den reinen Ein- und Ausgabeaggregaten, durch Aufzeichnen der Kostendaten über der quantitativen Leistungsfähigkeit, gemessen in einer zweckmäßigen Einheit, mit wenigen Ausnahmen eine deutliche Degressionswirkung der Kosten, bezogen auf das Leistungsvermögen.²⁾ Auch für die Zentraleinheiten ließen sich ähnliche Kostentendenzen in Abhängigkeit vom Leistungsvermögen ermitteln.³⁾

(Forts. d. Anm. 4 von S. 129):

A d a m s , C.W.: Grosch's Law Repealed, in: Datamation, Jg. 8 (1962), Nr. 7, S. 38 f.

K i t t e l , H.: Zum Verlauf der Kosten über der Leistung elektronischer Datenverarbeitungsanlagen, Diplomarbeit T.H. München 1965.

K i t t e l , H., M e r t e n s , P.: Einige quantitative Untersuchungen von Datenverarbeitungsanlagen, in: Elektronische Datenverarbeitung, Jg. 7 (1965), S. 255 - 262.

M e r t e n s , P.: Untersuchungen zum Gesetz der Kostendegression in der ADV, in: E. Grochla (Hrsg.): Die Wirtschaftlichkeit automatisierter Datenverarbeitungssysteme, Wiesbaden 1970, S. 199 - 220.

W e t t s t e i n , H.: Elektronisches Rechnen, in: Kybernetik. Brücke zwischen den Wissenschaften, hrsg. von H. Frank, 3. Aufl., Frankfurt a.M. 1963, S. 157. S o l o m o n , M.B.: Economics of Scale and the IBM System/360, in: Communications of the ACM, Vol. 9 (1966), No. 6, S. 435 - 440.

S c h w a b , B.: The Economics of Sharing Computers, in: Harvard Business Review, Vol. 46 (1968), No. 5, S. 61 ff (zitiert nach Mertens, P.: Untersuchungen zum Gesetz ..., a.a.O., S. 217 - 219).

A m d a h l , G.M.: New Concepts in Computing System Design, in: IBM Research Paper RC-526, New York 1961, S. 5 (zitiert nach Schulz, A.: Strukturanalyse der maschinellen ..., a.a.O., S. 209).

1) Vgl. M i t t h o f , F.: Numerisch gesteuerte Fertigung, a.a.O., S. 12 u. S. 204. Nach Angaben von Mitthof steigt der Investitionsaufwand auf das 1,5fache, wenn die Jahresleistung einer bestimmten Produktionsanalyse auf das 2fache wächst. Ähnliche Zahlen gibt Mitthof für Kostendegression bei Eisenhüttenwerken und bei Großtankern an (S. 12).

2) K i t t e l , H., M e r t e n s , P.: Einige quantitative Untersuchungen ..., a.a.O., S. 256.

3) Siehe S. 131.

Wesentlich wichtiger als die isolierte Betrachtung der Zentraleinheit oder der peripheren Aggregate ist jedoch die Gesamtschau der Datenverarbeitungsanlage. Um hierbei zu einer Aussage über die Relation zwischen Kosten und Leistungsvermögen zu gelangen, bedarf es der Kenntnis der vorgesehenen Prozesse, die von der Anlage ausgeführt werden sollen.¹⁾ Je nach den vorgesehenen Prozessen sind Zentraleinheit und periphere Aggregate in ihrem Leistungsvermögen aufeinander abzustimmen. Geschieht das nicht, wird entweder das Leistungsvermögen der peripheren Aggregate oder - was häufiger geschieht - das der Zentraleinheit nicht bestmöglich genutzt.²⁾³⁾

Da die für kommerzielle Aufgaben eingesetzten Datenverarbeitungsanlagen häufig Sortierprozesse auszuführen haben und die Sortierprozesse einen hohen Anteil an der gesamten Belegungszeit einnehmen können, wählten Kittel und Mertens Sortierprozesse als Maßeinheit für die erbrachte quantitative Leistung. Bei Verwendung dieses Maßes zeigt sich ebenfalls in den meisten untersuchten Fällen eine deutliche Kostendegression.⁴⁾

Anm. 3 von S. 130:

K i t t e l , H. , M e r t e n s , P.: Einige quantitative Untersuchungen ..., a.a.O., S. 257, und
M e r t e n s , P.: Untersuchungen zum Gesetz ..., a.a.O., S. 208.

- 1) Auf die Bedeutung der Prozesse bei der Beurteilung des Leistungsvermögens einer Datenverarbeitungsanlage wurde bereits an früherer Stelle hingewiesen. Vgl. die Abschnitte II.4., S.62 f. , II.5., S.67 f.
- 2) K i t t e l , H. , M e r t e n s , P.: Einige quantitative Untersuchungen ..., a.a.O., S. 258, und
M e r t e n s , P.: Untersuchungen zum Gesetz ..., a.a.O., S. 209.
- 3) Ähnliche Probleme sind aus der industriellen Produktion bekannt. Hier treten häufig unvermeidbare Diskrepanzen zwischen dem Leistungsvermögen der einzelnen Fertigungsstellen auf, die nicht harmonisiert werden können. Vgl. dazu beispielsweise
M e l l e r o w i c z , K.: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Bd. 2, 13. Aufl., Berlin 1970, S. 55.
- 4) M e r t e n s , P.: Untersuchungen zum Gesetz ..., a.a.O., S. 211.

Das Phänomen der Kostendegression, das sich in den Untersuchungsergebnissen der verschiedenen Autoren unterschiedlich stark niederschlägt, darf nicht überbewertet werden. Hier können zufällige marktpolitische Erwägungen der Hersteller von Datenverarbeitungsanlagen preisbestimmend wirken.¹⁾

Außerdem ist zu erwägen, in welchem Maße das Betriebssystem, mit dem größere Anlagen ausgestattet sein müssen, die Preisvorteile der Großanlagen kompensiert. Die Programme des Betriebssystems benötigen bei sehr großen und leistungsfähigen Datenverarbeitungsanlagen u.U. einen erheblichen Anteil an innerem Speicherplatz. Damit sinkt der Anteil an Speicherplatz, der für die einzelnen Benutzerprogramme zur Verfügung steht.

Wesentlich anders geartet als die bisher dargestellten Anpassungen auf der Basis vom Typ 1 und Typ 2 der Zusammenfassungen sind Anpassungen auf der Basis vom Typ 3 der Zusammenfassungen.

III.3.3. Anpassungen auf der Basis vom Typ 3 der Zusammenfassungen

Der Typ 3 der Zusammenfassungen war an früherer Stelle dadurch charakterisiert worden, daß gleichartige Prozesse, die einen gemeinsamen Vorbereitungsgrad haben und die sich in erster Linie durch den Termin ihrer Ausführung unterscheiden, zu einem Prozeß zusammengefaßt werden. Die Problemstellung gleicht derjenigen aus der industriellen Produktion, wo die Wahl der Losgröße zur Diskussion steht. Beim Datenverarbeitungsprozeß spricht man von der Stapelgröße, beispielsweise von einem Lochkartenstapel mit aufzunehmenden Daten.²⁾

1) Vgl. dazu B l a u , H.: Einflüsse der Preisstruktur ..., a.a.O., S. 551 - 555.

2) Die Verarbeitung eines Lochkartenstapels, der sich im Laufe der Zeit ansammelt, entspricht der Bearbeitung (Forts. d. Anm. auf S. 133)

Die Anpassung des genutzten Leistungsvermögens an das vorhandene Leistungsvermögen auf der Basis vom Typ 3 der Zusammenfassungen ist dadurch gegeben, daß nach dem Zusammenfassen von Prozessen sich Rüst- oder Einrichtezeiten reduzieren und auch damit die gesamte Belegungszeit¹⁾ für diese Prozesse verkürzt. Da sich das Prozeßergebnis jedoch durch die Zusammenfassungen nicht ändert, steigt die intensitätsmäßige Nutzung der Datenverarbeitungsanlage während der Belegung für die betreffenden Prozesse. Die Verkürzung der Rüst- oder Einrichtezeiten ermöglicht es, weitere, bisher manuell ausgeführte Verarbeitungsprozesse von der Datenverarbeitungsanlage übernehmen zu lassen. Damit sinken - bei gleichbleibender Gesamtbelegungszeit der Datenverarbeitungsanlage - die Kosten in Bezug auf die abgegebene Leistungseinheit, ein Tatbestand, der gleichartig im industriellen Produktionsprozeß auftritt.²⁾

Würden der Tendenz sinkender Datenverarbeitungskosten für eine abgegebene Leistungseinheit bei Zusammenfassungen der genannten Art nicht technische oder rechtliche Grenzen gesetzt sein oder gegenläufige Tendenzen anderer Kosten gegenüberstehen, müßte es ein Ziel der Planungen für den Datenverarbeitungsprozeß sein, eine möglichst große Anzahl periodisch wiederkehrender gleicher Prozesse bzw.

(Forts. d. Anm. 2 von S. 132):

eines Fertigungsloses, dessen Teile im Verlaufe der sich anschließenden Zeit verbraucht werden.

Zum Begriff der Stapelverarbeitung vgl.

G r a e f , M., G r e i l l e r , R., H e c h t , G.: Datenverarbeitung im Realzeitbetrieb ..., a.a.O., S. 45.

- 1) Zum Begriff der Belegungszeit eines Betriebsmittels vgl. R E F A (Hrsg.): Methodenlehre ..., Teil 2, a.a.O., S. 41 ff, insbesondere S. 43. Die Belegungszeit eines Betriebsmittels setzt sich zusammen aus der Betriebsmittel-Rüstzeit t_{rB} und der Betriebsmittel-Ausführungszeit t_{aB} :
$$t_{BB} = t_{rB} + t_{aB}$$

- 2) Zum Kapazitätseffekt, den die Rüstzeiterparnis bringt, vgl.
D i c k h u t , E.O.: Zur Problematik der optimalen Fertigungsablaufplanung bei Einzel- und Kleinserienfertigung, Diss. Aachen 1966, S. 71.

Phasen zusammenzufassen. Damit stößt man auf Optimalwertprobleme, die im folgenden Kapitel näher beleuchtet werden sollen.

IV. OPTIMALWERTKRITERIEN UND -PROBLEME

Wie in den bisherigen Darlegungen gezeigt, sind jedem Datenverarbeitungsprozeß erhebliche Vorbereitungen vorgelagert und seinem zeitlichen Ablauf technische Grenzen gesetzt. Beides führt bei Berücksichtigung der Kosten für die Vorbereitungen, die Prozesse selbst und die übrigen betrieblichen Abläufe, z.B. Kosten für die Bestände oder Bestandsveränderungen, zu Optimalwertrechnungen vergleichbar denjenigen der industriellen Produktion, von denen einige herausgestellt werden sollen. Es soll aber auch auf Grenzen der Vergleichbarkeit eingegangen werden, die sich an Optimalwertmodellen¹⁾ in geeigneten Fällen eindringlich zeigen lassen.

1) Hierbei ist jedoch auf die Problematik jeder Modellbildung und der daraus folgenden Vergleiche hinzuweisen, denn ein Modell kann nur eine bewußt vereinfachte Abbildung der Wirklichkeit sein. Die vollständige Übereinstimmung zwischen Modell und Wirklichkeit stellt einen Grenzfall dar, der bei betriebswirtschaftlichen Problemen selten erreichbar und häufig auch nicht notwendig ist. Vgl. dazu

K o l l e r , H.: Simulation und Planspieltechnik - Berechnungsexperimente in der Betriebswirtschaft, Wiesbaden 1969, S. 26, sowie

F r e y , G.: Symbolische und ikonische Modelle, in: The Concept and the Role of the Model in Mathematics and Natural and Social Sciences, Hrsg. Freudenthal, H., Dordrecht 1961, S. 91 f.

Es gibt sogar Modelle, die ihrem Wesen nach die Wirklichkeit falsch nachbilden. Ihre Darstellung ist jedoch zweckmäßig. Typisches Beispiel eines derartigen Modells ist das Planetarium. Hier wird die Wirklichkeit zwar falsch wiedergegeben, denn die dargestellten Gestirne bewegen sich in der Wirklichkeit nicht um den Beobachter auf der Erde. Dennoch vermittelt dieses Modell den Eindruck, den der Beobachter in der Wirklichkeit hat.

IV.1. Zusammenfassungen gemäß Typ 1 als Problem der optimalen Vorbereitung

In vielen Datenverarbeitungszentren finden in hohem Maße Datenverarbeitungsprozesse in ständig gleichen Arbeitsintervallen statt. Das sind beispielsweise die jeden Monat zum gleichen Termin wiederkehrenden Gehaltsabrechnungen, die wöchentlich wiederkehrenden Lohnabrechnungen und sonstige Prozesse mit ähnlich festen, im voraus bekannten Arbeitsintervallen und Terminen. Diesen ständig wiederkehrenden Prozessen stehen andere, fallweise und zu unbekannten Terminen auftretende gegenüber. Zusammenfassungen können lediglich für solche Prozesse durchgeführt werden, die in festen Arbeitsintervallen wiederkehren.

Da einerseits jeder Datenverarbeitungsprozeß - wie bereits gesagt - eine begrenzte Lebensdauer hat und andererseits mit wachsender Zahl von Zusammenfassungen die notwendigen Vorbereitungsarbeiten umfangreicher werden können, bis der zusammengefaßte Prozeß einsatzfähig ist, darf eine ökonomische Grenze für die Anzahl der Zusammenfassungen erwartet werden.

Wesentliche Teile der Vorbereitungsarbeiten für Zusammenfassungen bestehen aus immateriellen Vorbereitungen der Organisation und Programmierung. In den Blickpunkt des Interesses sollen hierbei Zusammenfassungen gerückt werden, bei denen Interessenkonflikte zwischen den an den einzelnen Prozessen beteiligten Stellen durch organisatorische Vorarbeiten auszugleichen sind. Sollen beispielsweise die Prozesse für die Lohnabrechnung mehrerer Werke eines Unternehmens zu einem Prozeß zusammengefaßt werden, müssen gegebenenfalls unterschiedliche Abrechnungsverfahren mit unterschiedlichen Terminstellungen für die Abrechnung und unterschiedlichen Zeit- und Mengeneinheiten auf unterschiedlichen Datenträgern aus den Werkstätten

auf mögliche Gemeinsamkeiten geprüft und aufeinander abgestimmt werden. Weitere wichtige Abstimmungen sind häufig in den Kostenarten-, Kostenstellen- und Kostenträgerplänen vorzunehmen. Hier sind vom Organisator ähnliche vorbereitende Arbeiten zu leisten wie vom betrieblichen Normenbüro auf technischem Gebiet.

Bei diesen organisatorischen Vorarbeiten sind unter Umständen erhebliche Widerstände zu überwinden. Im Zuge der Gestaltung des Vorbereitungsgrades für den zusammengefaßten Prozeß sind diese Gemeinsamkeiten durch Ausgleich bestehender Konflikte zu erarbeiten. Mißt man vereinfachend den zusätzlichen Arbeitsaufwand für die Gestaltung des Vorbereitungsgrades von zusammengefaßten Prozessen an der Zahl der möglichen Konfliktbeziehungen zwischen den beteiligten Stellen, deren Prozesse zusammengefaßt werden sollen, ergibt sich ein überproportional zur Anzahl der Prozesse bzw. Stellen wachsende Anzahl von möglichen Konfliktbeziehungen und damit ein überproportional zu den Prozessen möglicherweise wachsender Aufwand. Bei zwei Prozessen bzw. Stellen ist nur eine Konfliktbeziehung möglich, bei drei Prozessen bzw. Stellen sind es drei Konfliktbeziehungen und bei vier Prozessen bzw. Stellen ergeben sich bereits sechs mögliche Konfliktbeziehungen.

Abhängig von der Anzahl der Prozesse bzw. Stellen "n" wächst die Anzahl der möglichen Konfliktbeziehungen " α " mit dem Gesetz¹⁾²⁾

- 1) Vereinfachend ist für die Konfliktbeziehungen unterstellt, daß zwischen zwei Stellen jeweils nur ein Konflikt bestehen kann, unabhängig davon, ob mehrere Probleme dem Konflikt zugrunde liegen oder nur ein Problem.
- 2) Die Beziehung (4.1) entspricht der Zahl der Kommunikationswege von Aufgabenträgern, die ringförmig angeordnet miteinander Kontakte haben. Nach
D u b i n , R.: Stability of Human Organizations, in: Modern Organization Theory - A Symposium of the Foundation for the Research on Human Behavior, hrsg. von Mason Haire, New York - London 1959, S. 218 - 253, hier speziell S. 221. Vgl. auch
(Forts. d. Anm. auf S. 138)

$$(4.1) \quad \alpha = \frac{n \cdot (n - 1)}{2}.$$

Die zusätzlichen Kosten für die Beseitigung der Konflikte ergeben sich aus der durchschnittlich notwendigen Zeit des Organisators T_{0K} zur Beseitigung des einzelnen Konfliktes¹⁾, multipliziert mit dem Stundenlohn des Organisators L_0 . Unterstellt sei sehr vereinfachend, daß "p" Prozesse für Zusammenfassungen geeignet wären, beispielsweise "p" Lohnabrechnungen für "p" verschiedene Werke, wobei sich die Lohnabrechnungen jedoch in verschiedenen Details voneinander unterscheiden, und daß alle möglichen Konfliktbeziehungen existieren. Zur Wahl stehe, entweder die Lohnabrechnungen sämtlicher "p" Werke in einer Gruppe zu einem Prozeß oder sie in zwei gleichen Gruppen (beispielsweise Werkegruppe Nord und Werkegruppe Süd) mit jeweils $n = p/2$ oder in drei Gruppen mit jeweils $n = p/3$ Prozessen oder in noch kleineren Gruppen zusammenzufassen. Damit ergibt sich als Zahl der Gruppen "g" abhängig von der Anzahl der Zusammenfassungen: $g = p/n$.

Die Anzahl der Konfliktbeziehungen innerhalb einer Gruppe $\frac{n \cdot (n - 1)}{2}$, multipliziert mit der Anzahl der Gruppen "g" ergibt somit die Gesamtzahl der Konfliktbeziehungen, die vom Organisator zu beseitigen sind:

$$\frac{n \cdot (n - 1)}{2} \cdot g = \frac{n \cdot (n - 1)}{2} \cdot \frac{p}{n}.$$

Als Kosten für die Beseitigung der Konflikte in Abhängigkeit von der Anzahl "n" der jeweils zu einem Prozeß zusammenzufassenden Prozesse ergeben sich somit:

(Forts. d. Anm. 2 von S. 137):

K r a m e r, R.: Informationen und Kommunikation ..., a.a.O., S. 142.

- 1) Vereinfachend sei unterstellt, daß die Beseitigung sämtlicher Konflikte einen gleichen Zeitaufwand des Organisators erfordert.

(5.1)

$$K_{0_K} = L_0 \cdot T_{0_K} \cdot \frac{n(n-1)}{2} \cdot \frac{p}{n} = L_0 \cdot T_{0_K} \cdot p \cdot \frac{n-1}{2}$$

Von einer Zusammenfassung wird kostenmäßig nur dann mit Vorteil Gebrauch gemacht, wenn andere Kosten durch das Zusammenfassen sinkende Tendenz erhalten. Diese anderen Kosten können entweder die laufend für den Datenverarbeitungsprozeß anfallenden oder weitere für die Vorbereitung entstehende Kosten sein. Allein die Tatsache, daß es Kosten gibt, die überproportional zur Anzahl der Zusammenfassungen wachsen, gibt Anlaß zu prüfen, inwieweit Zusammenfassungen kostenmäßig von Vorteil sind. Für diese Prüfung seien im ersten Schritt die verschiedenen Kosten mit ihren Tendenzen betrachtet.

Hier stehen an erster Stelle die Kosten für den Organisator, der für jede Stelle, deren Prozeß mit einem anderen Prozeß zusammengefaßt werden soll, eine Ist-Aufnahme und Analyse¹⁾ durchführen muß. Ist der Stundenlohn des Organisators wiederum L_0 , die Zeit für jede Ist-Aufnahme T_{0_I} und die Anzahl der vorhandenen Stellen, die untersucht werden sollen, "p", ergeben sich die Kosten der Ist-Aufnahme zu:

$$(6.1) \quad K_{0_I} = L_0 \cdot T_{0_I} \cdot p$$

Ist wiederum der Stundensatz des Organisators L_0 und die Zeit für eine Programmervorgabe durch ihn bei gleichartigen Prozessen T_{0_p} , ergeben sich als Kosten für die nach der Ist-Aufnahme und Analyse folgende Planung und Programmervorgabe:

1) Ist-Aufnahme vgl.

J o r d t, A.: Ist-Aufnahme, in: HWO, a.a.O.

A c k e r, H.: Organisationsanalyse - Verfahren und Techniken praktischer Organisationsarbeit, 4. Aufl., Baden-Baden - Bad Homburg v.d.H. 1966.

$$(7.1.) \quad K_{O_P} = L_O \cdot T_{O_P} \cdot \frac{p}{n}$$

Zu den Kosten des Organisators kommen noch die Programmier- und Testkosten. In weiterer Vereinfachung sollen die Testkosten als Maschinenkosten in den Programmierkosten enthalten sein.

Der Lohnsatz des Programmierers sei L_P , die Zeit für die Programmierung und den Test eines Prozesses sei T_P . Die Anzahl der zu programmierenden Prozesse hängt wiederum ab von der Anzahl der vorhandenen Stellen "p", für die die Prozesse gestaltet werden sollen, und der Anzahl der Prozesse "n", die jeweils zu einem Prozeß zusammengefaßt werden sollen. Damit ergeben sich als Programmierkosten:

$$(8.1) \quad K_P = L_P \cdot T_P \cdot \frac{p}{n}$$

Weiterhin sind in die Betrachtung einzubeziehen die Kosten für die Prozeßabläufe auf der Datenverarbeitungsanlage. Sie setzen sich zusammen aus den Kosten für die Einrichtezeit und die Betriebsmittel-Ausführungszeit. Die Kosten für das Einrichten seien vereinfachend für alle Prozesse als gleich hoch angenommen. Sie seien bestimmt durch die Einrichtezeit für einen Prozeß t_{rA} (= Einrichtezeit der Datenverarbeitungsanlage) und dem Maschinenstundensatz MS der Anlage, in dem die Lohnkosten für den Anlagenbediener bereits enthalten seien.

Bei insgesamt "p" zur Verfügung stehenden Prozessen, die in Gruppen zu je "n" zusammengefaßt werden, ergeben sich p/n Gruppen mit jeweils einer Einrichtezeit von t_{rA} . Haben die Prozesse eine voraussichtliche Lebensdauer von "q" routinemäßigen Ausführungen in den folgenden Jahren, fallen in dieser Zeit Einrichtekosten in einer Höhe von $q \cdot t_{rA} \cdot MS \cdot p/n$ an.

Weiterhin soll unterstellt werden, daß durch die Zusammenfassungen sich eine Wirkung der zeitlichen Konzentration des Ablaufs ergibt. Es sei unterstellt, daß sämtliche Einzelprozesse gleiche Betriebsmittel-Ausführungszeiten t_{aA} haben und daß sich diese Zeiten beim Zusammenfassen jeweils um prozentual gleiche Anteile β verkürzen. So wird aus der Betriebsmittel-Ausführungszeit für zwei Einzelprozesse von $2 \cdot t_{aA}$ nach deren Zusammenfassung der Wert $t_{aA} + \beta \cdot t_{aA}$ und für drei Einzelprozesse ($3 \cdot t_{aA}$) nach deren Zusammenfassung $t_{aA} + 2 \cdot \beta \cdot t_{aA}$. Bei n zusammengefaßten Einzelprozessen ergibt sich somit eine Betriebsmittel-Ausführungszeit von $t_{aA} + (n - 1) \cdot \beta \cdot t_{aA}$.

Bei den oben angenommenen p zur Verfügung stehenden Prozessen, die in Gruppen zu je n zusammengefaßt werden und die eine voraussichtliche Lebensdauer von q routinemäßigen Ausführungen in den folgenden Jahren haben, ergeben sich für den gesamten Zeitraum bei Berücksichtigung des Maschinenstundensatzes MS Kosten für die Betriebsmittel-Ausführungszeit in einer Höhe von $q \cdot [t_{aA} + (n - 1) \cdot \beta \cdot t_{aA}] \cdot MS \cdot p/n$.

Die gesamten Kosten für die Belegungszeit der Datenverarbeitungsanlage $K_{bA/J}$ der folgenden Jahre für q routinemäßige Ausführungen der Prozesse sind die Summe aus allen Einrichtekosten und sämtlichen Kosten für die Betriebsmittel-Ausführungszeiten.

Die gesamten Kosten, die zu einem Minimum werden müssen, soll von der Zusammenfassung mit Vorteil Gebrauch gemacht werden, sind somit:

$$(9.1) \quad K_{ges} = K_{O_K} + K_{O_I} + K_{O_P} + K_P + K_{bA/J}.$$

Eingesetzt ergibt sich:

$$\begin{aligned}
 K_{\text{ges}} = & L_0 \cdot T_{0K} \cdot \frac{n \cdot (n - 1)}{2} \cdot \frac{p}{n} + L_0 \cdot T_{0I} \cdot p \\
 & + L_0 \cdot T_{0P} \cdot \frac{p}{n} + L_P \cdot T_P \cdot \frac{p}{n} \\
 & + q \cdot t_{rA} \cdot MS \cdot \frac{p}{n} \\
 & + q \cdot [t_{aA} + (n - 1) \cdot \beta \cdot t_{aA}] \cdot MS \cdot \frac{p}{n}
 \end{aligned}$$

Wie zu erkennen, haben einige der Kosten mit wachsender Anzahl von Zusammenfassungen n steigende, andere fallende Tendenz. Die Summe der dargelegten Kostenbestandteile weist bei einer bestimmten Anzahl von Zusammenfassungen einen Minimalwert auf. Durch Differenzieren der Kosten K_{ges} nach der Anzahl der Zusammenfassungen n , durch Nullsetzen der erhaltenen Beziehung und Auflösen nach n ergibt sich die optimale Anzahl von Zusammenfassungen

(10.1)

$$n_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{2 \cdot [L_0 \cdot T_{0P} + L_P \cdot T_P + q \cdot MS \cdot (t_{rA} + t_{aA} - \beta \cdot t_{aA})]}{L_0 \cdot T_{0K}}}$$

Die Beziehung (10.1) hat jedoch nur begrenzte Bedeutung, weil ein errechnetes n_{opt} nur realisierbar ist, wenn n_{opt} selbst und p/n_{opt} ganzzahlige Werte ergeben.

Wenn auch die unterstellten Kostenverläufe die wahren Verhältnisse nur sehr grob wiedergeben, läßt sich doch die grundsätzliche Konsequenz erkennen, daß dem Anpassungsvorgang durch Zusammenfassen von Prozessen unter Schaffung eines gemeinsamen Programms für die zusammengefaßten Prozesse eine ökonomische Grenze gezogen ist. Jedes Abweichen von der Anzahl der optimalen Zusammenfassungen ergibt ein Steigen der Gesamtkosten.

IV.2. Zusammenfassungen gemäß Typ 3 als artverwandtes Problem der optimalen Losgröße

Bei den Zusammenfassungen gemäß Typ 3 sind gegenläufige Kostentendenzen unter sehr ähnlichen Bedingungen wie beim Losgrößenproblem der industriellen Fertigung zu einem Bestwert zu vereinigen. Im industriellen Produktionsbereich wie auch im Datenverarbeitungsbereich gehören derartige Optimierungsprobleme zu den ältesten Aufgabenstellungen. Daher soll an dieser Stelle näher darauf eingegangen werden.

Im Bereich der industriellen Produktion und im Bereich des Beschaffungswesens gehört zu den bekanntesten Problemen mit derartigem Kostenverhalten die Ermittlung der optimalen Losgröße und der optimalen Bestellmenge. Problemanalysen und Lösungsansätze dafür können zurückgeführt werden auf Arbeiten von Harris¹⁾, Stefanic-Allmayer²⁾, Andler³⁾, Dürr⁴⁾, Schlüter⁵⁾, Ellinger⁶⁾, Müller-Merbach⁷⁾

- 1) H a r r i s , F.: Operations and Cost (Factory Management Series), Chicago 1915, S. 48 - 52. Zitiert nach B u f f a , E.S.: Models for Production and Operations Management, New York 1966, S. 442, bei M ü l l e r - M e r b a c h , H.: Operations Research, a.a.O., S. 72.
- 2) S t e f a n i c - A l l m a y e r , K.: Die günstigste Bestellmenge beim Einkauf, in: Sparwirtschaft 1927, S. 504 - 508, zitiert nach M ü l l e r - M e r b a c h , H.: Operations Research, a.a.O., S. 72.
- 3) A n d l e r , K.: Rationalisierung der Fabrikation und optimale Losgröße, Diss. Stuttgart 1929.
- 4) D ü r r , K.: Die Bemessung der Auflage in der Serienfertigung, Bern 1952.
- 5) S c h l ü t e r , H.: Untersuchungen zum Problem der optimalen Losgröße, Diss. Frankfurt/M. 1958, sowie S c h l ü t e r , H.: Zum Problem der optimalen Losgröße, in: ZfhF 1954, S. 188.
- 6) E l l i n g e r , Th.: Ablaufplanung, a.a.O., S. 87 ff.
- 7) Siehe S. 144.

Strobel¹⁾ und andere. Mit Blick auf den Datenverarbeitungsprozeß lassen sich analog gelagerte Zusammenhänge feststellen und in Modellen zur Ermittlung von Bestwerten darstellen.

Folgend sei versucht, aus beiden Gründen einen kurzen Abriß derartiger Modelle zu geben, insbesondere um Beziehungen zwischen dem Produktionsprozeß und dem Datenverarbeitungsprozeß aufzuzeigen. Aus den Modellen geht hervor, daß eine Zusammenfassung beliebig vieler Phasen nicht nur aus technischen Gründen unmöglich, sondern auch aus ökonomischen Gründen unzweckmäßig ist, ebenso wie es beim Produktionsprozeß unzweckmäßig ist, beliebig große Losgrößen zusammenzufassen.

Anm. 7 von S. 143 :

M ü l l e r - M e r b a c h , H.: Die Bestimmung optimaler Losgrößen bei Mehrproduktfertigung, Diss. Darmstadt 1963.

M ü l l e r - M e r b a c h , H.: Optimale Einkaufsmengen, in: Ablauf- und Planungsforschung, Jg. 4 (1963), H. 3, S. 226 - 237.

M ü l l e r - M e r b a c h , H.: Optimale Losgrößen bei mehrstufiger Fertigung, in: Ablauf- und Planungsforschung, Jg. 4 (1963), H. 4, S. 264 - 274, nachgedruckt in: Zwf, Jg. 60 (1965), H. 3, S. 113 - 118.

M ü l l e r - M e r b a c h , H.: Optimale Losgrößen in Einkaufs- und Fertigungsdisposition, in: ADL-Nachrichten, Jg. 10 (1965), H. 38, S. 626 - 654, und Jg. 11 (1966), H. 40, S. 10 - 33.

M ü l l e r - M e r b a c h , H.: Fertigungssteuerung mit optimalen Losgrößen, in: Fertigungsorganisation im Wandel (Methoden und Mittel heute und morgen), VDI-Berichte Nr. 101, Düsseldorf 1966, S. 59 - 67.

1) S t r o b e l , W.: Simultane Losgrößenbestimmung bei stationären Modellen, in: ZfB, Jg 34 (1964), S. 241 - 267.

IV.2.1. Optimale Zusammenfassungen gemäß Typ 3, dargestellt als zweidimensionales Problem

In einem Modell zeigt Marik¹⁾ die Existenz von optimalen Betriebsperioden für Datenverarbeitungsprozesse, was einer optimalen Anzahl von Zusammenfassungen gemäß Typ 3 entspricht. Von einem zweidimensionalen Problem - im Gegensatz zum weiter unten behandelten dreidimensionalen - wird deswegen gesprochen, weil die Kosten lediglich eine Funktion der Betriebsperiode sind. Im Modell, das hier mit geringfügigen Ergänzungen wiedergegeben werden soll, wird davon ausgegangen, daß der Arbeitsablauf einer Datenverarbeitungsanlage verglichen werden kann mit dem einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine, " ... denn hier wie dort wird an einer Stelle zu verarbeitendes Material eingegeben, danach verarbeitet und an einer anderen Stelle ausgegeben. Der Unterschied zwischen Informationen in einem Falle und Materie im anderen ist lediglich gradueller, nicht prinzipieller Art".²⁾

Wie im Kapitel II dargelegt, ermöglichen Datenverarbeitungsanlagen durch Simultanarbeit ihrer Aggregate eine zeitliche Konzentration des Ablaufs der Prozesse. Der außenstehende Beobachter kann daher nicht mehr zwischen den Betriebsmittel-Ausführungszeiten der einzelnen Aggregate unterscheiden. Er erkennt lediglich die Betriebsmittel-Ausführungszeit der Gesamtanlage. Für die rechnerische Behandlung der Anpassungen durch Zusammenfassen gemäß Typ 3 läßt sich jedoch die dem Beobachter erkennbare Betriebsmittel-Ausführungszeit gedanklich zerlegen in Zeitbestandteile, die abhängig sind von der Menge der aufzunehmenden oder abzugebenden Daten, sowie in Zeitbestandteile, die unabhängig von beiden Datenmengen sind. Die Unabhängigkeit kann dabei u.U. auf Datenmengenbereiche begrenzt sein.³⁾

1) M a r i k , Z.H.: Zur Theorie der Wirtschaftlichkeit elektronischer Datenverarbeitungsanlagen, in: Industrieblatt, Jg. 64 (1964), H. 4, S. 139 - 144.

2) M a r i k , Z.H.: Zur Theorie ..., a.a.O., S. 139.

3) Siehe S. 146.

Als Beispiele für Daten, die relativ gleichmäßig pro Zeiteinheit im betrieblichen Ablauf anfallen und die von der Datenverarbeitungsanlage aufzunehmen sind, seien Materialentnahme-, Materialzugangs-, Lohn-, Kassenausgangs- und Kasseneingangsdaten genannt. Als Beispiele für Daten, die vom Betrieb benötigt werden und die die Datenverarbeitungsanlage laufend oder periodisch erstellen bzw. abgeben kann, sind zu nennen: ebenfalls Lohn- und Materialentnahmedaten, Rechnungsdaten an Kunden des Unternehmens, Daten aus Überweisungsaufträgen für getätigte Einkäufe sowie Lohnabrechnungsdaten, bei denen insbesondere ein Einzelnachweis über die abgerechneten Lohnbelege geführt werden muß.¹⁾

Als bedeutsam für den zeitlichen Ablauf von Datenverarbeitungsprozessen werden im zitierten Modell Sortiervorgänge²⁾ und Austauschvorgänge von Daten erwähnt, die bei-

Anm. 3 von S. 145:

Beispielsweise sind beim Ausdruck von Tabellen Überschriften und am Tabellenende Summenwerte mit auszu-drucken, unabhängig davon, ob die Tabelle lang oder kurz ist. Üsteigt die Länge der Tabelle eine bestimmte Zeilenzahl, muß die Fortsetzung der Tabelle auf einer neuen Seite mit einer neuen Überschrift begonnen werden. Auch der Papiervorschub beim Seitenwechsel im Schnelldruckaggregat weist Zeitbestandteile auf, die unabhängig von der Menge der auszudruckenden Daten sind.

- 1) Alle genannten Beispiele betreffen Daten, die mit wachsender Zeit ebenfalls in ihrer Menge wachsen. Lohnabrechnungen, bei denen kein Einzelnachweis geführt wird, und Gehaltsabrechnungen fallen nicht in diese Gruppe der Beispiele, da mit jedem routinemäßig ausgeführten Ausdruck nur eine Abrechnung mit fester Datenmenge von der Anlage ausgegeben wird. Führt man beispielsweise die Lohnabrechnung ohne Einzelnachweis alle 14 Tage aus, ist sie nicht umfangreicher als wenn man sie einmal im Monat durchführt.
- 2) Vgl. zu den verschiedenen Sortiervverfahren, deren Ablauf den Zeitbedarf entscheidend beeinflußt, W e d e k i n d , H.: Datenorganisation, a.a.O., S. 108 ff., insbesondere S. 136 ff. An dieser Stelle soll zur Beleuchtung der Problematik eines der Sortiervverfahren mit Magnetbandgeräten kurz dargestellt werden.
(Forts. d. Anm. auf S. 147)

spielsweise bei Magnetbändern in der Regel nur durch das Umschreibeverfahren realisiert werden können und die u.U. größere Betriebsmittel-Ausführungszeiten benötigen.¹⁾

Zu den Betriebsmittel-Ausführungszeiten kommen noch die Rüst- oder Einrichtezeiten als Bestandteil der gesamten Belegungszeit hinzu.

(Forts. d. Anm. 2 von S. 146):

Sortierprozesse mit Magnetbandgeräten laufen in mehreren Stufen ab. In der ersten Stufe wird der gesamte Datenbestand in relativ kleinen, nur in sich sortierten Blöcken durchgearbeitet, und diese Blöcke werden im systematischen Wechsel auf die eine Hälfte der zur Verfügung stehenden Magnetbandgeräte verteilt. In der zweiten Stufe werden mehrere dieser Blöcke zu neuen, nur in sich sortierten, relativ größeren Blöcken gemischt und auf die andere Hälfte der zur Verfügung stehenden Magnetbandgeräte systematisch verteilt. Dieser Vorgang wiederholt sich in der nächsten Stufe, wobei wiederum größere, nur in sich sortierte Blöcke gebildet werden. Am Ende einer jeden Stufe ergibt sich eine für diese Stufe des gewählten Verfahrens charakteristische Blocklänge sortierter Daten. Schließlich ist am Ende einer der Stufen der gesamte Datenbestand in sich sortiert. Damit ergibt sich, abhängig von der Anzahl zu sortierender Daten, die notwendige Anzahl der Sortierstufen. Wird nun beim Überschreiten von gewissen Datenmengen jeweils eine weitere Sortierstufe notwendig, wächst der Zeitbedarf für den gesamten Sortierprozeß sprunghaft um einen entsprechenden Betrag. - Zu den Daten, die sortiert werden sollen, ist anzumerken, daß zu jedem Datum noch sonstige Datenmengen gehören können, die von diesem sortierfähigen Datum gewissermaßen "mitgeschleppt" werden. Beispielsweise gehören zu den sortierfähigen Nummern von Mitarbeitern eines Betriebes deren persönliche Daten.

- 1) Zum Umschreibeverfahren vgl. beispielsweise
L u t z , Th., H a u f f , V.: Programmierfibel,
a.a.O., S. 182.

Will man auf einem Magnetband alte Daten gegen aktuelle austauschen, so ist man (mit Ausnahmen) aus technischen Gründen gezwungen - selbst wenn die neuen Daten gleich lang sind wie die alten -, den Inhalt des gesamten Magnetbandes auf ein neues umzuschreiben (Umschreibeverfahren). Der Grund hierfür liegt im mechanisch nicht vollständig exakten Arbeiten der Magnetbandgeräte, was zu Schwierigkeiten beim "Einpassen" der neuen Daten in den Platz der alten führen kann.

Für das zitierte Modell wird gemäß den dargelegten Eigenschaften des zeitlichen Ablaufs von Datenverarbeitungsprozessen im ersten Schritt eine vereinfachte formale Darstellung der Belegungszeit einer Datenverarbeitungsanlage durch einen Prozeß gegeben. Dabei sei in leicht abgewandelter Form¹⁾ der im Original verwendeten Zeichen hier definiert:

$t_{bA/B}$ = Belegungszeit der Datenverarbeitungsanlage für Arbeiten einer Betriebsperiode, beispielsweise in Minuten (pro Dispositionsprozeß).

$t_{rA/B}$ = Rüstzeit der Datenverarbeitungsanlage, beispielsweise in Minuten (pro Dispositionsprozeß).

$t_{uA/B}$ = Von der Menge der ein- oder auszugebenden Daten unabhängige Betriebsmittel-Ausführungszeit, beispielsweise in Minuten (pro Dispositionsprozeß).

m_E = Menge der für die Datenaufnahme (Eingabe = E) anfallenden Daten pro Zeiteinheit, beispielsweise in Daten (einer Lochkarte) pro Tag.

m_A = Menge der für die Ausgabe benötigten Daten pro Zeiteinheit, beispielsweise in Daten (einer Rechnung) pro Tag.

$t_{eA/E}$ = Je Mengeneinheit der eingegebenen Daten auftretende Betriebsmittel-Ausführungszeit, die mit wachsender Datenmenge den Gesamtprozeß entsprechend verlängert, beispielsweise in Minuten pro Daten (einer Lochkarte).

$t_{eA/A}$ = Je Mengeneinheit der auszugebenden Daten auftretende Betriebsmittel-Ausführungszeit, die mit wachsender Datenmenge den Gesamtprozeß entsprechend verlängert, beispielsweise in Minuten pro Daten (einer Kundenrechnung).

B = Betriebsperiode in Zeiteinheiten zwischen zwei Datenverarbeitungsprozessen, beispielsweise in Tagen.

1) Hier seien - im Gegensatz zur Originalveröffentlichung - an REFA-Bezeichnungen angelehnte Formelzeichen verwendet. Vgl. auch Anm. 3 von S. 71.

Dann ergibt sich als Belegungszeit für einen Prozeß,
d.h. pro Betriebsperiode:

(11.1)

$$t_{bA/B} = t_{rA/B} + t_{uA/B} + (m_E \cdot t_{eA/E} + m_A \cdot t_{eA/A}) \cdot B$$

Die Anzahl der Prozesse pro Jahr ergibt sich aus der Relation von der Länge des ganzen Jahres zur Länge der Betriebsperiode B. Im Original wird das Jahr nicht mit 365 (Kalender-)Tagen, sondern mit 240 (Arbeits-)Tagen, also mit 12 Monaten zu je 20 Arbeitstagen angenommen, was auch hier vereinfachend geschehen soll.

Die Anzahl der Prozesse pro Jahr, multipliziert mit der Belegungszeit eines Prozesses, ergibt die gesamte Belegungszeit der Datenverarbeitungsanlage pro Jahr $t_{bA/B/J}$ für diese Prozesse.

Bewertet man die jährliche Belegungszeit (beispielsweise in Minuten) mit dem Maschinenstundensatz, bezogen auf die Minute, MS/60, ergeben sich die gesamten Kosten für die betriebsperiodischen Arbeiten der Datenverarbeitungsanlage pro Jahr für diese betreffenden Prozesse:

$$(12.1) \quad K_{bA/B/J} = t_{bA/B/J} \cdot \frac{MS}{60} = t_{bA/B} \cdot \frac{240}{B} \cdot \frac{MS}{60}$$

(12.2)

$$K_{bA/B/J} = \left[t_{rA/B} + t_{uA/B} + (m_E \cdot t_{eA/E} + m_A \cdot t_{eA/A}) \cdot B \right] \cdot \frac{240}{B} \cdot \frac{MS}{60}$$

Die folgende Abbildung zeigt den prinzipiellen Verlauf der jährlich anfallenden Datenverarbeitungskosten $K_{bA/B/J}$ bzw. der entsprechenden jährlichen Belegungszeiten der Datenverarbeitungsanlage $t_{bA/B/J}$ in Abhängigkeit von der Betriebsperiode B.

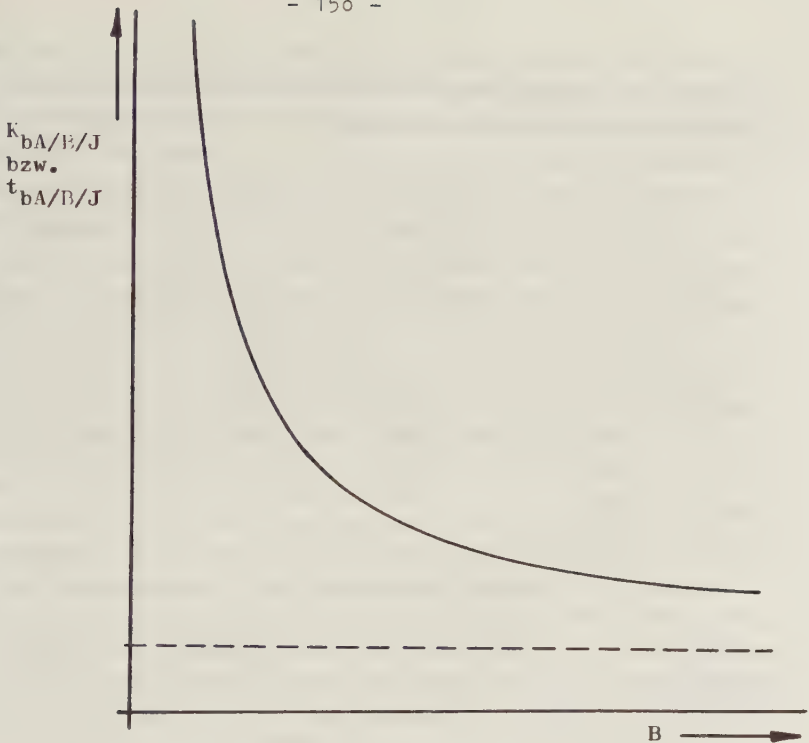


Abb. IV/1: Verlauf der jährlich anfallenden Datenverarbeitungskosten $K_{bA/B/J}$ bzw. der Belegungszeiten $t_{bA/B/J}$ in Abhängigkeit von der Länge der Betriebsperiode B.

Die Länge der Betriebsperiode hat jedoch nicht nur Auswirkungen auf die Datenverarbeitungskosten, sie kann auch Auswirkungen auf die Kosten anderer betrieblicher Abläufe haben und kann zudem rechtliche Grenzen finden. Marik nennt zwei Beispiele¹⁾ für Kosten anderer betrieblicher Abläufe, die abhängig von der Wahl der Betriebsperiode

1) M a r i k , Z.H.: Zur Theorie ..., a.a.O., S. 142.

sind und bei denen in einem Falle auch rechtliche Grenzen eine beliebig große Zusammenfassung von Prozessen verhindern.

Als Beispiel für sinkende Kosten im betrieblichen Ablauf bei Verlängerung der Betriebsperiode stehe die Lohnabrechnung eines Betriebes. Je seltener die Lohnabrechnung ausgeführt wird, umso mehr Zinsvorteile ergeben sich für das Unternehmen, vorausgesetzt, der Lohn wird erst am Ende der Periode ausgezahlt. Ebenso reduzieren sich die je Zahlungsvorgang festen Kosten (Überweisungs-, Papierkosten) in Bezug auf das ganze Jahr. Einer beliebigen Verlängerung der Betriebsperiode stehen jedoch rechtliche Grenzen im Wege.

Von besonderem Interesse sind jene Fälle, in denen den sinkenden Datenverarbeitungskosten bei Verlängerung der Betriebsperiode steigende Kosten für den übrigen betrieblichen Ablauf gegenüberstehen. Hier entsteht ein Optimalwertproblem, aus dem eine ökonomische Grenze der Anpassung durch Zusammenfassen ermittelt werden kann.

Als Beispiel für steigende Kosten im betrieblichen Ablauf bei Verlängerung der Betriebsperiode wird die am Verbrauch pro Zeiteinheit orientierte Disposition von Fertigungsmaterial, etwa von Rohstoffen, angeführt, die u.a. im sogenannten Bestellpunktverfahren¹⁾ ihren Niederschlag

1) Vgl. dazu beispielsweise

G u t e n b e r g , E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Bd. 1, a.a.O., S. 195.

T r u x , W.E.: Einkauf- und Lagerdisposition mit Datenverarbeitung, München 1968, S. 230.

M ü l l e r - M e r b a c h , H.: Operations Research, a.a.O., S. 458, wo auch weitere ähnliche Verfahren angegeben sind.

Unter Bestellpunkt, häufig auch als Meldebestand oder Signalbestand bezeichnet, versteht man diejenige Bestandsmenge eines Materials, die bei bekanntem Verbrauch pro Zeiteinheit (zuzüglich einem Sicherheitsbestand) ausreicht, um die Wiederbeschaffungszeit, d.i. in der Regel die Summe aus Bestellaufgabe-, Liefer- und Einlagerungszeit, zu überbrücken. Bei jedem Materialabgang prüft - bei manueller Handhabung des Ver- (Forts. d. Anm. auf S. 152)

gefunden hat. Wird ein derartiges Dispositionsverfahren von einer Datenverarbeitungsanlage periodisch durchgeführt, kann der real vorhandene Bestand des betreffenden Materials im Lager schon erheblich den sogenannten Bestellpunkt unterschritten haben, bevor eine Nachbestellung durch die Datenverarbeitungsanlage ausgelöst wird. Im ungünstigsten Fall unterschreitet der reale Lagerbestand kurz nach dem Dispositionsvorgang der Datenverarbeitungsanlage den Bestellpunkt, was die Datenverarbeitungsanlage jedoch erst beim nächsten Dispositionsvorgang, also nach Ablauf einer Betriebsperiode, registrieren kann. Der Bestellpunkt muß also unter den genannten Bedingungen bei maschineller Handhabung des Verfahrens entsprechend höher angesetzt werden als bei manueller Handhabung, und zwar entsprechend dem ungünstigsten Fall. Das bedeutet eine Erhöhung des Bestellpunktes um den Materialbedarf während einer Betriebsperiode.

Die Erhöhung des Bestellpunktes und die damit verbundene Vorverlegung des Bestellzeitpunktes erhöht auch die Unsicherheit über die künftige Bestandsentwicklung. Es steigen die Risiken für Überbestände ebenso wie für Fehlbestände. Fehlbestände einer gewissen niederen Fertigungsstufe, die als Folgewirkung für gewisse Zeiten die Produktion höherer Fertigungsstufen zum Erliegen bringen können, und Überbestände derselben niederen Fertigungsstufe können dementsprechend sehr unterschiedliche Kostenkonsequenzen für ein Unternehmen haben. Auf jeden Fall wirken Fehlbestände wie auch Überbestände kostensteigernd im Unternehmen.¹⁾²⁾ In den Erläuterungen zum

(Forts. d. Anm. 1 von S. 151):
fahrens - der Lagerist, ob die noch vorhandene restliche Menge des betreffenden Materials größer ist als die mit dem sog. Bestellpunkt angegebene. Ist der Lagerbestand auf den sog. Bestellpunkt abgesunken, wird neues Material vom Lageristen angefordert.
Praktische Beispiele für die Handhabung vgl. bei
S c h m o l z , W.: Auftrags- und Terminplanung,
2. Aufl., Schriftenreihe Der Unternehmensberater,
Nr. 2019, Esslingen/N. 1970, S. 36 f.

1) und 2) Siehe S. 153.

Modell wird daher unterstellt, daß mit wachsender Betriebsperiode die Kosten des Betriebes, insbesondere die Kosten für zusätzliche Sicherheitsbestände, ebenfalls wachsen, und zwar direkt proportional mit der Betriebsperiode.

Es seien:

K_L = Die pro Jahr anfallenden Kosten für den gesamten Lagerbestand, beispielsweise in DM pro Jahr.

$K_{L/o}$ = Die pro Jahr anfallenden Kosten für den Lagerbestand bei einer Betriebsperiode von o Tagen¹⁾, beispielsweise in DM pro Jahr.

k = Die pro Jahr anfallenden zusätzlichen Kosten für zusätzliche Sicherheitsbestände durch Verlängerung der Betriebsperiode um einen Tag, beispielsweise in DM pro Jahr und Tag.

Dann ergeben sich die gesamten Lagerkosten in Abhängigkeit von der Betriebsperiode B zu

$$(13.1) \quad K_L = K_{L/o} + k \cdot B$$

Anm. 1 von S. 152:

Vgl. dazu beispielsweise

G u t e n b e r g , E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Bd. 1, a.a.O., S. 192 f.

T r u x , W.R.: Einkauf und Lagerdisposition ..., a.a.O., S. 224 f.

Anm. 2 von S. 152:

Folgewirkungen von Fehlbeständen in niederen Fertigungsstufen können für höhere Fertigungsstufen Wartezeiten der Arbeitskräfte sein. Damit sind auch steigende Bestände der höheren Fertigungsstufen verbunden, weil angearbeitete Aufträge nicht abgeschlossen werden können. Weitere Folgewirkungen können Konventionalstrafen wegen Lieferverzug sein. Sollen die Rückstände der höheren Fertigungsstufen bei Eintreffen des Materials aus der niederen Fertigungsstufe aufgearbeitet werden, entstehen u.U. Kosten für Überstundenzuschläge.

- 1) Das entspricht der manuellen Handhabung des Verfahrens, bei der der Lagerist bei jedem Abgang den Bestand überprüft.

Zur Bestimmung der optimalen Betriebsperiode ist der Minimalwert aus Datenverarbeitungskosten und Lagerbestandskosten zu ermitteln, was durch Differenzieren und Nullsetzen des erhaltenen Ausdrucks geschieht.

$$(14.1) \quad K_{ges/J} = K_{bA/B/J} + K_L$$

$$(14.2)$$

$$K_{ges/J} = \left[t_{rA/B} + t_{uA/B} + (m_E \cdot t_{eA/E} + m_A \cdot t_{eA/A}) \cdot B \right] \cdot \frac{240}{B} \cdot \frac{MS}{60} + K_{L/o} + k \cdot B$$

$$(15.1)$$

$$\frac{dK_{ges/J}}{dB} = - (t_{rA/B} + t_{uA/B}) \cdot \frac{240}{B^2} \cdot \frac{MS}{60} + k$$

$$(16.1) \quad B_{opt} = \sqrt{\frac{4 \cdot MS \cdot (t_{rA/B} + t_{uA/B})}{k}}$$

Zur Bestimmung von k wird in den Erläuterungen zum Modell gesagt, daß k abhängt vom Lagerkostensatz¹⁾ 1, vom durchschnittlichen Verbrauch des betreffenden Materials pro Zeiteinheit (also Menge pro Tag) TM und einem Proportionalitätsfaktor s , um den der Bestand steigt²⁾ und der

- 1) Der Lagerkostensatz enthält die Verzinsung des im Lager gebundenen Kapitals, Wertberichtigungen infolge Schwund, Verderb, Veralterung, Versicherung, Raumkosten und gewisse Steuern. Vgl. dazu
T r u x , W.R.: Einkauf und ..., a.a.O., S. 224,
G u t e n b e r g , E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Bd. 1, a.a.O., S. 192.
- 2) Damit ist die Kostensteigerung k als eine Bestandssteigerung s dargestellt, was zwar den Vorteil größerer Anschaulichkeit hat, jedoch die Ermittlung von k nicht sonderlich erleichtert.

geschätzt werden müßte. Dann ist also

$$(17.1) \quad k = 1 \cdot TM \cdot s$$

IV.2.2. Modifizierung der zweidimensionalen Rechnung

Der Zusammenhang zwischen Bestandskosten und Datenverarbeitungskosten läßt sich durch Modifizierung der Modellprämissen deutlicher herausarbeiten, und der Faktor k läßt sich für einen bestimmten Fall der Berechnung zugänglich machen, was in Ergänzung zum zitierten Modell hier geschehen soll.

Unterstellt sei für diesen Fall eine höhere Fertigungsstufe, in der vorwiegend Montagearbeiten mit relativ geringwertigen Einzelteilen, höherwertigen Bauelementen und hochwertigen Baugruppen tieferer Fertigungsstufen ausgeführt werden. Während der größte Teil der Einzelteile zugriffsbereit am Lager liegt und beispielsweise nach dem Bestellpunktverfahren disponiert wird, wird ein geringerer Prozentsatz an Bauelementen und werden fast alle Baugruppen gemäß dem jeweiligen Bedarf der einzelnen Montageaufträge gefertigt, insbesondere deswegen, weil sie nicht allgemein, sondern nur für den bestimmten Montageauftrag verwendbar sind.¹⁾²⁾ Einzelteile, Bauele-

- 1) Ein vergleichbarer Fertigungsablauf findet sich beispielsweise in der fernmeldetechnischen Industrie, wo in der Montagestufe Einrichtungen von Fernmeldeämtern oder Fernsprechzentralen nach dem Baukastenprinzip zusammengestellt werden. Dabei gehören einige Bestandteile zu fast jeder Ausrüstung, andere werden vom Kunden fallweise gewünscht mit teils sehr unterschiedlicher Häufigkeit. In gewissen Fällen sind sogar Sonderanfertigungen einzelner Bauelemente oder Baugruppen denkbar.
- 2) Vgl. dazu S c h m o l z , W.: Auftrags- und Terminplanung (1. Aufl.), Schriftenreihe Der Unternehmensberater, Nr. 2019, Esslingen/N. 1963, S. 23. Nach einer Untersuchung von Schmolz in der metallverarbeitenden Industrie ergab sich folgende Aufteilung der Bauteile in sog. ein- oder mehrgerätig verwendbare:
(Forts. d. Anm. auf S. 156)

mente und Baugruppen kommen aus ihren Fertigungsstufen und laufen sukzessive in ein Bereitstellungslager der eingangsskizzierten Montagestufe.

Die Aufgabe der Datenverarbeitungsanlage für diese Montagestufe bestehe nun darin, periodisch Arbeitspapiere für die Montageaufträge auszustellen, jedoch nur für solche Aufträge, für die das benötigte Material an Einzelteilen, Bauelementen und Baugruppen sich im Bereitstellungslager bereits angesammelt hat. Im Durchschnitt enthalte jeder Montageauftrag wertmäßig einen bestimmten Prozentsatz v_1 an Einzelteilen, Bauelementen und Baugruppen, die nur für diesen Auftrag termingebunden in den Vorfertigungsstufen erstellt wurden. Der restliche Prozentsatz an Einzelteilen, Bauelementen und Baugruppen bestehe aus Objekten, die im Bereitstellungslager ständig zugriffsbereit liegen und weitgehend allgemein verwendbar sind.

Aus den Modellbedingungen folgt, daß der Materialbestand im Bereitstellungslager mit Verlängerung der Betriebsperiode der Datenverarbeitungsanlage wächst, und zwar für diejenigen Einzelteile, Baugruppen und Bauelemente, die für bestimmte Montageaufträge gefertigt werden. Der übrige

(Forts. d. Anm. 2 von S. 155):

Art der Position		Anzahl der Positionen	Wertanteil der Positionen in %
eingerätig verwendbar	wertmäßig von Bedeutung	120	30
	wertmäßig von geringer Bedeutung	360	6
mehrgerätig verwendbar	wertmäßig von Bedeutung	200	50
	wertmäßig von geringer Bedeutung	920	14
Summe		1 600	100

ge Bestand an ständig zugriffsbereitem Material bleibt von dieser Betriebsperiode unbeeinflusst.¹⁾

Wird der gesamte pro Tag benötigte Einsatz an Fertigungsmaterial in dieser Montagestufe wiederum mit TM bezeichnet und beispielsweise in DM pro Tag gemessen und ist darin der Anteil an Vorfertigungen, die auf bestimmte Montageaufträge bezogen sind, v_1 , und die zeitliche Länge der Betriebsperiode B, dann ist der Bestand von diesem speziell für bestimmte Montageaufträge gefertigten Material im Verlauf der Betriebsperiode von 0 aus angewachsen auf den Wert $TM \cdot v_1 \cdot B$. Zum Beginn der neuen Betriebsperiode wird dieser Bestand des Bereitstellungslagers sukzessive abgebaut von dem Wert $TM \cdot v_1 \cdot B$ bis 0, während gleichzeitig für die folgende Betriebsperiode ein gleichartiger Bestand wieder aufgebaut wird. Der ständig im Bereitstellungslager vorhandene Bestand ist also $TM \cdot v_1 \cdot B$, und die Jahreskosten für diesen Bestand betragen $TM \cdot v_1 \cdot B \cdot l$, wobei l wiederum den Lagerkostensatz darstellt.

In dem angegebenen Ausdruck entspricht $TM \cdot v_1 \cdot l$ dem Proportionalitätsfaktor k. Während jedoch im eingangs zitierten Modell der Proportionalitätsfaktor k von dem nur schwer zu ermittelnden Faktor s abhängt, läßt sich unter den modifizierten Modellbedingungen der Faktor v_1 als prozentualer Anteil der auf den Montageauftrag bezogenen Vorfertigungen im realen Fall statistisch mit entsprechender Genauigkeit als Durchschnittswert ermitteln. Ersetzt man k im eingangs zitierten Modell durch den Ausdruck $TM \cdot v_1 \cdot l$, erhält man als optimale Betriebsperiode

$$(18.1) \quad B_{opt} = \sqrt{\frac{4 \cdot MS \cdot (t_{rA/B} + t_{uA/B})}{TM \cdot v_1 \cdot l}}$$

1) Dieser übrige Bestand wird beispielsweise nach dem Bestellpunktverfahren mit Hilfe eines anderen Datenverarbeitungsprozesses und einer anderen Betriebsperiode gesteuert.

Das zitierte Modell, aber auch die hier zugefügte modifizierte Form dieses Modells führen auch dann zu einem Optimalwert, wenn man anstelle der Magnetband- Magnetplattenaggregate verwendet, da die Werte für $t_{rA/B}$ und $t_{uA/B}$ auch bei Magnetplattenaggregaten nicht zu Null werden.

IV.2.3. Optimale Zusammenfassungen gemäß Typ 3, dargestellt als dreidimensionales Problem. - Die Berücksichtigung des Informationscharakters von Daten.

Industrieller Produktionsprozeß und Datenverarbeitungsprozeß verlieren dann an Kongruenz, wenn man einen weniger hohen Abstraktionsgrad wählt und in die Betrachtung Eigenschaften mit einbezieht, die Daten haben können, die jedoch den Objekten der industriellen Produktion in der Regel fehlen.

Ordnet man den zu verarbeitenden Daten die Eigenschaft von Nachrichten oder Informationen zu, kann der Datenverarbeitungsprozeß in seinem zeitlichen Ablauf unter bestimmten Bedingungen eine Struktur erhalten, die zwar noch durch die realtechnischen Gegebenheiten bestimmt wird, die jedoch in ihrer Mengenabhängigkeit beim Produktionsprozeß kaum zu finden sein dürfte.

Unter Information sei hier die Übermittlung von Wissen bzw. das Wissen selbst verstanden¹⁾, das Daten vermit-

1) So z.B. bei

K o s i o l , E.: Organisation der Unternehmung, Wiesbaden 1962, S. 149,

K r a m e r , R.: Information und Kommunikation, a.a.O., S. 21 ff,

K l o i d t , H.: Information und Dokumentation im Betrieb. Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, begründet von H. Nicklisch, 3. Aufl., hrsg. von H. Seischab und K. Schwantag, Bd. II, Stuttgart 1958, Sp. 2805, H o f f m e i s t e r , J.: Wörterbuch der philosophischen Begriffe. Philosophische Bibliothek Bd. 225, 2. Aufl., Hamburg 1955, S. 672, Stichwort "Wissen", (Forts. d. Anm. auf S. 159)

teilen können, wenn dieses Wissen dem zweckgerichteten Handeln dient.¹⁾²⁾ Die Übermittlung der Informationen kann von Mensch zu Mensch erfolgen oder von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, zum Menschen.³⁾⁴⁾ Der Output von Datenverarbeitungsanlagen bestehe bei-

(Forts. d. Anm. 1 von S. 158):

W i t t m a n n , W.: Unternehmung und unvollkommene Information. Unternehmerische Voraussicht, Ungewißheit und Planung. Köln - Opladen 1959, S. 14.

1) Vgl. dazu auch W i t t m a n n , W.: Information, in: HWO, Sp. 699 - 707, hier Sp. 699.

2) W e d e k i n d , H.: Datenorganisation, a.a.O., S. 233. Wedekind erläutert die Begriffe Daten, Nachrichten und Informationen an einem Beispiel. Ordnet man Daten Bedeutungen zu, entstehen Nachrichten. Diejenigen die Nachrichten zweckorientiertem Handeln, werden sie für den Empfänger zu Informationen. "Die Tatsache, daß es in Australien regnet, ist für mich eine Nachricht. Die Tatsache jedoch, daß es an meinem Aufenthaltsort regnet, kann eine Information sein, die mich z.B. veranlaßt, einen Regenschirm mitzunehmen." (Wedekind, S. 233).

Vgl. auch zu dem Begriff Information die eingehenden Darstellungen von

S c h u l z , A.: Strukturanalyse der maschinellen betrieblichen Informationsverarbeitung, Berlin 1970, S. 13 ff.

3) In der amerikanischen Literatur wird häufig der Ausdruck Daten für den Input in Datenverarbeitungsanlagen verwendet und der Ausdruck Information für deren Output. Vgl. dazu beispielsweise

K r i e b e l , Ch.H.: Operations Research in the Design of Management Information Systems, in: Operations Research and the Paper Industry, hrsg. von J.G. Pierce, Bd. 1, New York 1967, S. 375, und

G r e g o r y , R.H., van H o r n , R.L.: Automatic Data-Processing Systems. Principles and Procedures, 2. Aufl., London 1963, S. 554.

4) Letztlich können auch Objekte Informationen "ausstrahlen", die zu zweckgerichtetem Handeln bei dem Informationsempfänger führen, die beispielsweise seinen Kaufentschluß beeinflussen, da sich mit dem Gegenstand, den er erwirbt und den seine Umwelt bei ihm beobachten kann, gewisse Prestigeaussagen über ihn selbst verbinden. Vgl. zu diesem Problem

E l l i n g e r , Th.: Die Informationsfunktion des Produktes, in: Produktionstheorie und Produktionsplanung, Festschrift für K. Hax, Köln - Opladen 1966, S. 257 - 336, hier S. 259.

spielsweise aus Listen, deren Inhalt die Menschen zu zweckgerichtetem Handeln veranlassen kann.

Der Informationscharakter von Daten wird deutlich, wenn beispielsweise die Steuerbehörde oder auch die interne Revision eines Unternehmens die Wertbewegungen von Lagerpositionen innerhalb eines bestimmten Zeitraumes rekonstruieren wollen, worauf Marik in der Weiterentwicklung seines hier besprochenen Modells eingeht.¹⁾ Eine derartige Rekonstruktion ist durch eine Sammlung von Originalbelegen und durch eine entsprechende tabellarische Aufzeichnung möglich. Sind sämtliche interessierenden Daten in der Datenverarbeitungsanlage gespeichert, ist sie in der Lage, die gewünschten tabellarischen Darstellungen zu geben. Das kann auf verschiedene Arten erfolgen. Beispielsweise können alle Wertbewegungen in rein zeitbezogener Darstellung ausgewiesen werden, ähnlich wie in einem Journal, oder sie können je Artikel, also sachbezogen, dargestellt werden, wobei für jeden Artikel die Wertbewegungen in zeitlicher Gliederung aufgeführt sind. Die sachbezogene Darstellung ist in Revisionsfragen, insbesondere im Zusammenhang mit der Inventur von Interesse.²⁾

Es entsteht nun die Frage, mit welcher Häufigkeit oder mit welchem zeitlichen Abstand derartige tabellarische Übersichten ausgedruckt werden sollen - oder anders ausgedrückt -, welche Stapelmenge für das Ausdrucken gesammelt werden soll. Existiert auch für diese Stapelmenge bzw. für diese Periode ein Optimalwert? In den Erläuterungen zu dem hier in geringfügiger Abwandlung gegebenen Modell wird von der optimalen Historienperiode gesprochen.

1) M a r i k , Z.H.: Zur Theorie ..., a.a.O., S. 140.

2) Damit lassen sich Bestandsveränderungen zwischen den Inventuren verfolgen. Es läßt sich u.U. außerdem erkennen, für welche Aufträge das Material verwendet wurde. Dem Revisionsmann vermitteln diese Daten Wissen zu zweckgerichtetem Handeln, d.h. zu zweckgerichtetem weiteren Suchen.

Der Modellansatz geht davon aus, daß der tabellarische Ausdruck aller Daten - die Historie - über Material-, also Wertbewegungen des Lagers mit einem routinemäßig ausgeführten Dispositionsprozeß zu verbinden sei, um Rüstzeiten zu reduzieren. Damit wird die gesuchte optimale Historienperiode H ein ganzes Vielfaches r der Betriebsperiode B , wobei r im Grenzfall den Wert 1 annehmen kann.

Für alle Dispositionsarbeiten der Datenverarbeitungsanlage, die in einer Betriebsperiode auszuführen sind, können die Beziehungen (11.1) und (12.1) übernommen werden, da sich am Dispositionsprozeß der Datenverarbeitungsanlage nichts ändert. Ebenso bleibt auch die Kostenabhängigkeit des Lagerbestandes ungeändert. Es gilt also auch Beziehung (13.1). Dagegen sind die formalen Darstellungen des zeitlichen Ablaufs der Arbeiten für die Historienperiode neu abzuleiten. Die Ableitung geschieht im zitierten Modell an einem angenommenen Beispiel.

Für das **Beispiel** ist eine Datenverarbeitungsanlage mit Magnetbandausrüstung gewählt worden. Zum Erstellen der tabellarischen Übersichten muß die Anlage drei besondere Teilarbeitsabläufe durcharbeiten.

Erster Teilarbeitsablauf: Sammeln der aktuellen Daten über Materialbewegungen am Ende des einzelnen Dispositionsvorganges. Die Daten werden auf einem Zwischenspeicher, dem Magnetband HB_z gespeichert.

Zweiter Teilarbeitsablauf: Die aktuellen Daten aus dem Zwischenspeicher werden mit den aus den Vorperioden gesammelten Daten gemischt und in sortierter Folge je Konto bis zum nächsten Dispositionslauf aufgehoben.

Dritter Teilarbeitsablauf: Am Ende der Historienperiode werden sämtliche Daten ausgedruckt.

Der zeitliche Ablauf dieser drei Teilarbeiten wird in gewisser Vereinfachung wie folgt im Modell dargelegt.

Zum ersten Teilarbeitsablauf:

Die nach Materialnummer und innerhalb einer Materialnummer nach Tagesdatum sortierten Daten über alle Materialbewegungen der letzten Betriebsperiode werden aus dem Hauptspeicher, in dem sie sich zur Verarbeitung für den Dispositionsvorgang befinden, nach dem Dispositionsprozeß zu einer Zwischenspeicherung auf ein Zwischenhistorienband HB_z genommen. Vgl. dazu die folgende Darstellung im gerätetechnischen Blockdiagramm.

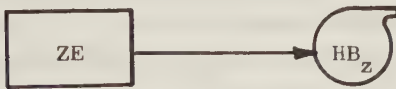


Abb. IV/2: Gerätetechnische Darstellung der Übertragung der sortierten Daten aus dem Hauptspeicher der Zentraleinheit ZE auf das Zwischenhistorienband HB_z .

Die für die Übertragung aus dem Hauptspeicher auf das Zwischenhistorienband benötigte Belegungszeit setzt sich zusammen aus einer von der Datenmenge abhängigen und einer von ihr nicht abhängigen Zeit.

Für die von der Datenmenge abhängige Zeit wird im Modell angenommen, daß sie linear mit der Menge der Materialbewegungsdaten wachse. Die Zeit ist zudem abhängig von der Übertragungsrate bzw. der Schreibgeschwindigkeit der Magnetbandgeräte.

Für die von der Datenmenge unabhängige Zeit wird im Modell angenommen, daß sie durch die Verarbeitung von solchen Daten bedingt sei, die nicht die einzelne Materialbewegung betreffen. Derartige Daten sind beispielsweise

die am Beginn des Magnetbandes stehenden Daten über das aktuelle Alter des Magnetbandes, gemessen in der Zahl der Durchläufe, das Tagesdatum der aktuellen Speicherung, Angaben über den Inhalt des Bandes u.ä.. Durch eine programmtechnische Prüfung derartiger Daten kann vor Beginn eines jeden Prozesses in erster Linie sichergestellt werden, daß die richtigen Magnetbänder in die Bandgeräte eingelegt wurden. Die Verarbeitungszeit und Übertragung aller derartigen Daten ist unabhängig von den je Betriebsperiode anfallenden Belegen über Materialbewegungen. Zu dieser mengenunabhängigen Betriebsmittel-Ausführungszeit kommen Bestandteile der Bandrücklaufzeit und auch der Rüstzeit, die speziell der Vorbereitung des ersten Teilarbeitsablaufs dienen.

Im Sinne der gegebenen Erläuterungen seien als Kurzbezeichnungen für das Modell gewählt:

$t_{bA/H1}$ = Belegungszeit der Datenverarbeitungsanlage für den Teilarbeitsablauf H₁, beispielsweise in Minuten.

$t_{uA/H1}$ = Von der Menge der Materialbewegungsdaten unabhängige Belegungszeit für den Teilarbeitsablauf H₁, beispielsweise in Minuten.

$t_{eA/H1}$ = Je Mengeneinheit der zu übertragenden Materialbewegungsdaten auftretende Betriebsmittel-Ausführungszeit, die mit wachsender Datenmenge den Gesamtprozeß entsprechend verlängert, beispielsweise in Minuten pro Daten (einer Lochkarte).

Als Belegungszeit der Datenverarbeitungsanlage für den Übertragungsvorgang der Daten aus dem Hauptspeicher auf das Magnetband HB_Z ergibt sich somit:

$$(19.1) \quad t_{bA/H1} = t_{uA/H1} + m_E \cdot t_{eA/H1} \cdot B$$

Da das Zwischenhistorienband HB_Z nach jedem Dispositionsvorgang erstellt wird, findet dieser Vorgang im Jahr mit

der Häufigkeit $240/B$ statt. Die Jahreskosten für den ersten Teilarbeitsablauf, d.h. also für das Erstellen des HB_z , betragen somit:

(20.1)

$$K_{bA/H1/J} = (t_{uA/H1} + m_E \cdot t_{eA/H1} \cdot B) \cdot \frac{240}{B} \cdot \frac{MS}{60}$$

Zum zweiten Teilarbeitsablauf:

Die sortierten Daten des Zwischenhistorienbandes HB_z werden mit den Daten eines bereits bestehenden älteren Historienbandes HB_a , auf dem die sortierten Daten der Materialbewegungen vergangener Betriebsperioden gesammelt sind, gemischt. Es entsteht auf einem neuen Historienband HB_n wiederum eine sortierte Folge von Daten. Das Mischen läßt sich nur durch das Umschreibeverfahren realisieren. Das neu entstehende Historienband HB_n wird am Ende der folgenden Betriebsperiode als altes Historienband HB_a verwendet, und es entsteht wiederum ein neues Historienband HB_n . Vgl. zum Mischprozeß die Darstellung im gerätetechnischen Blockdiagramm.

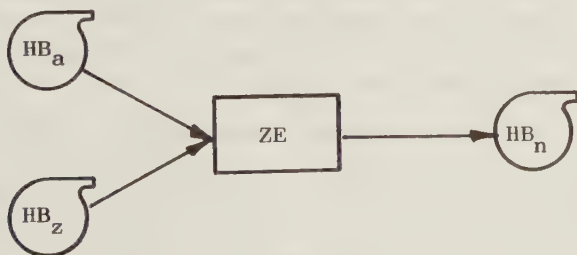


Abb. IV/3: Gerätetechnische Darstellung des Mischprozesses

Das Mischen der alten mit den neuen Historiendaten findet nach jedem Dispositionsvorgang mit Ausnahme nach dem

ersten innerhalb einer Historienperiode, also mit der Häufigkeit ($r - 1$), während einer gesamten Historienperiode statt.¹⁾ Der Zeitbedarf für das Mischen erhöht sich mit wachsendem Datenbestand von Betriebsperiode zu Betriebsperiode.

Im Original des zitierten Modells ist bei der Darstellung des zeitlichen Ablaufs des Mischprozesses von der Simultanität der Magnetbandarbeitsgänge kein Gebrauch gemacht. Hier ist jedoch kritisch anzumerken, daß realiter bei derartigen Mischvorgängen weitgehend die Möglichkeit simultaner Arbeitsweise der Magnetbandgeräte ausgenutzt werden dürfte.²⁾ Die Berücksichtigung von Simultanarbeit würde jedoch die Modellbildung erheblich erschweren.

Unterstellt man, daß auch bei Simultanarbeit der Magnetbandgeräte für den Mischvorgang Zeitbestandteile auftreten werden, die abhängig und solche die unabhängig von der Menge der Materialbewegungsdaten sind, kann das Ergebnis der folgenden Überlegungen auch für Anlagen mit Simultanarbeit gewisse Aussagen machen.

Für die von der Datenmenge unabhängige Belegungszeit seien wieder gleiche Annahmen getroffen wie beim ersten Teilarbeitsablauf. Die Bezeichnung dieser mengenunabhängigen Belegungszeit sei $t_{uA/H2}$.

Für die von den Datenmengen abhängige Belegungszeit wird im Rechnungsgang des Modells unterstellt, daß sie - wie im ersten Teilarbeitsablauf - linear mit den Datenmengen wachse. Die jeweils zu mischenden Datenmengen entsprechen einerseits der Menge der verarbeiteten Materialbewegungsdaten aus der abgeschlossenen Betriebsperiode und

1) Vgl. dazu Tafel Nr. 3, S.167.

2) Das zitierte Modell ist im Jahre 1964 veröffentlicht worden, also zu einer Zeit, da Simultanarbeiten, so wie man sie heute kennt, noch nicht allgemein üblich waren. So ist die Simultanarbeit im Text der Veröffentlichung als Möglichkeit zwar erwähnt, in der Rechnung jedoch nicht berücksichtigt.

andererseits den Datenmengen, die aus den Vorperioden auf dem Magnetband HB_a gesammelt wurden.

Am Ende der Betriebsperiode r sind insgesamt vom Magnetband HB_z die Datenmenge $m_E \cdot B$ der gerade abgelaufenen Betriebsperiode und vom Magnetband HB_a die Datenmengen $(r - 1) \cdot m_E \cdot B$ der vorausgegangenen Betriebsperioden in den Hauptspeicher zu übertragen und dort entsprechend den einzelnen Materialkonten zu mischen. Nach den jeweiligen Mischvorgängen sind die Datenmengen $r \cdot m_E \cdot B$ vom Hauptspeicher zum Magnetband HB_a zu übertragen.

Im zitierten Modell sind die im Hauptspeicher der Zentraleinheit mit elektronischer Geschwindigkeit ablaufenden Mischvorgänge nicht gesondert berücksichtigt. Es werden nur die Übertragungsvorgänge vom Magnetband HB_a und HB_z zum Hauptspeicher und vom Hauptspeicher zum HB_n genannt. Da die Lesegeschwindigkeit eines Magnetbandes in der Regel seiner Schreibgeschwindigkeit gleich ist, darf die Betriebsmittelzeit je Dateneinheit $t_{eA/H2}$ gleichgesetzt werden der Zeit $t_{eA/H1}$. Die Übertragungszeit der in einer Betriebsperiode angefallenen Datenmengen über Materialbewegungen beträgt somit von den Magnetbändern zum Hauptspeicher und umgekehrt auch im Teilarbeitsablauf zwei $m_E \cdot B \cdot t_{eA/H1}$. Diese Zeit sei mit t_{eu} bezeichnet.

In Tafel Nr. 3 ist dargestellt, wie die mengenabhängigen Übertragungszeiten mit wachsender Anzahl r der Betriebsperioden ebenfalls wachsen. Die Zeitdiagramme in Tafel Nr. 3 bestehen jeweils aus drei parallelen Zeitstrahlen. Der unterste Zeitstrahl gibt den Zeitbedarf für das Übertragen der Datenmenge $m_E \cdot B$ vom Zwischennistorienband HB_z in den Hauptspeicher an. Der mittlere Zeitstrahl gibt den Zeitbedarf für das Übertragen der auf dem alten Historienband HB_a befindlichen Datenmenge $(r - 1) \cdot m_E \cdot B$ in den Hauptspeicher wieder. Der oberste Zeitstrahl stellt die entsprechende Situation für das Übertragen der gemischten Datenmengen $r \cdot m_E \cdot B$ aus dem Hauptspeicher auf

Vereinfachte Darstellung des Mischvorganges ohne Simultanarbeit
und Berechnung der mengenabhängigen Betriebsmittel-Ausführungs-
zeiten.

Zeitpunkt
des
Mischvor-
ganges

$$\text{---} \square \text{---} = 1 \cdot t_{e\ddot{u}} = \eta_E \cdot B \cdot t_{eA/H1}$$

Aufrech-
nungswert
der
Zeiten.

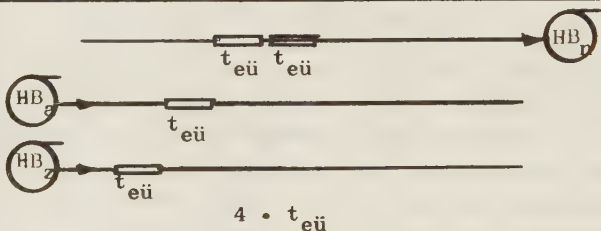
$r = 1$

Kein Mischvorgang, weil kein Historienband
 HB_a existiert.

$$0 \cdot t_{e\ddot{u}}$$

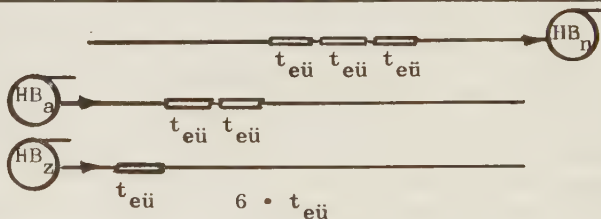
$$0 \cdot t_{e\ddot{u}}$$

$r = 2$



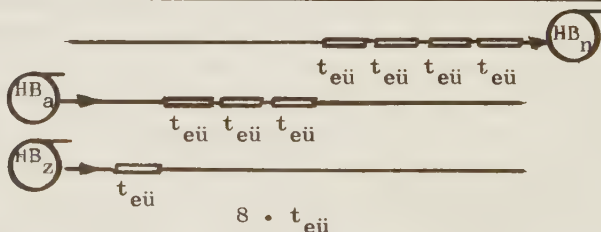
$$4 \cdot t_{e\ddot{u}}$$

$r = 3$



$$10 \cdot t_{e\ddot{u}}$$

$r = 4$



$$18 \cdot t_{e\ddot{u}}$$

$r = 5$

$$10 \cdot t_{e\ddot{u}}$$

$$28 \cdot t_{e\ddot{u}}$$

Bildungsgesetz der Aufrechnungswerte : $(r^2 + r - 2) \cdot t_{e\ddot{u}}$

das neue Historienband HB_n dar. In der linken Spalte der Darstellung ist der Zeitpunkt angegeben, zu dem der Mischvorgang stattfindet, also beispielsweise am Ende der ersten Betriebsperiode ($r = 1$), am Ende der zweiten Betriebsperiode ($r = 2$) usw.. In der rechten Spalte der Darstellung ist der Aufrechnungswert aller bisher angefallenen mengenabhängigen Betriebsmittel-Ausführungszeiten angegeben. Aus diesen Angaben läßt sich das Bildungsgesetz für die Berechnung der Aufrechnungswerte ablesen. Es lautet für alle angefallenen Übertragungszeiten im Verlaufe einer Historienperiode von der Länge r :

(21.1)

$$t_{eu} \cdot (r^2 + r - 2) = m_E \cdot B \cdot t_{eA/H1} \cdot (r^2 + r - 2)$$

Damit kann die Bestimmung der jährlichen Belegungszeit und der jährlichen Kosten für den Mischvorgang durchgeführt werden. Es seien gemäß den gegebenen Erläuterungen zusammenfassend dargestellt:

$t_{bA/H2}$ = Für sämtliche $(r - 1)$ Mischvorgänge innerhalb einer Historienperiode aufgelaufene Belegungszeiten der Datenverarbeitungsanlage, beispielsweise in Minuten.

$t_{uA/H2}$ = Von der Menge der zu übertragenden bzw. ein- und auszugebenden Materialbewegungsdaten unabhängige Belegungszeit je einzeltem Mischvorgang, beispielsweise in Minuten.

$t_{eA/H1}$ = Je Mengeneinheit der zu übertragenden Materialbewegungsdaten auftretende Betriebsmittel-Ausführungszeit, die mit wachsender Datenmenge den Gesamtprozeß entsprechend verlängert, beispielsweise in Minuten pro Daten (einer Lochkarte). $t_{eA/H1}$ steht anstelle von $t_{eA/H2}$, das gleichwertig ist.

Als aufgelaufene Belegungszeit der Datenverarbeitungsanlage für alle innerhalb einer Historienperiode anfallenden Mischvorgänge ergibt sich somit:

(22.1)

$$t_{bA/H2} = (r-1) \cdot t_{uA/H2} + m_E \cdot B \cdot t_{eA/H1} \cdot (r^2 + r - 2)$$

Diese Belegungszeit wird im Jahr mit der Häufigkeit $240/(r \cdot B)$ benötigt.

Die Jahreskosten für die Mischvorgänge betragen bei Verwendung des bereits genannten Maschinenstundensatzes MS/60:

(23.1)

$$K_{bA/H2/J} = \left[(r-1) \cdot t_{uA/H2} + m_E \cdot B \cdot t_{eA/H1} \cdot (r^2 + r - 2) \right] \cdot \frac{240}{r \cdot B} \cdot \frac{MS}{60}$$

Zum dritten Teilarbeitsablauf:

Die auf dem Historienband neu HB_n gesammelten Materialbewegungsdaten werden am Ende der Historienperiode ausgedruckt. Dafür werden sie vom Historienband neu in den Hauptspeicher übertragen und dann dem Drucker zugeführt, vgl. dazu die folgende Darstellung im gerätetechnischen Blockdiagramm.

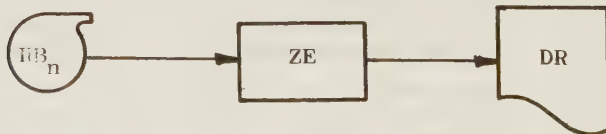


Abb. IV/4: Gerätetechnische Darstellung für das Ausdrucken der während der Historienperiode gesammelten Materialbewegungsdaten. DR = Druckaggregat.

Auch für den Druckvorgang im weiteren Sinne und damit für die Übertragung der Daten vom Magnetbandgerät HB_n in

den Hauptspeicher sowie vom Hauptspeicher zum Druckaggregat und schließlich auf das Tabellierpapier wird eine Belegungszeit benötigt, die aus mehreren Abschnitten besteht. Einige Abschnitte sind wiederum in ihrer zeitlichen Länge von den zu übertragenden Datenmengen abhängig, andere Abschnitte sind von diesen Datenmengen unabhängig. Ausgedruckt werden in erster Linie die gesammelten Daten über die Materialbewegungen, also die im ersten Teilarbeitsablauf eingegebenen Daten.

Für die von der Datenmenge unabhängige Betriebsmittel-Ausführungszeit sollen gleiche Annahmen gemacht werden wie bei den ersten beiden Teilarbeitsabläufen. Die Bezeichnung dieser Betriebsmittel-Ausführungszeit sei $t_{uA/H3}$.

Für die von der Datenmenge abhängige Betriebsmittel-Ausführungszeit wird angenommen, daß sie - wie in den ersten beiden Teilarbeitsabläufen - linear mit der Datenmenge wachse. Die Zeit ist einerseits abhängig von der Übertragungsrate bzw. der Schreibgeschwindigkeit der Magnetbandgeräte und andererseits von der Druckgeschwindigkeit des Druckaggregates.¹⁾

Für die Darstellung der Belegungszeit durch den Druckvorgang sei:

$t_{bA/H3}$ = Belegungszeit der Datenverarbeitungsanlage für das Ausdrucken der Listen, beispielsweise in Minuten.

$t_{uA/H3}$ = Von der Menge der auszudruckenden Materialbewegungsdaten unabhängige Belegungszeit, beispielsweise in Minuten.

$t_{eA/H3}$ = Je Mengeneinheit der auszudruckenden Materialbewegungsdaten auftretende Betriebsmittel-Ausführungszeit, die mit wachsender Datenmenge den Gesamtprozeß entsprechend verlängert, beispielsweise in Minuten pro Daten (einer Materialbewegungszeile in der Liste = Inhalt einer Lochkarte der eingegebenen Bewegungsdaten).

1) In der Praxis wird die relativ geringe Druckgeschwindigkeit zeitbestimmend sein.

Ausgedruckt wird die im Verlaufe von r Betriebsperioden gesammelte Menge der Materialbewegungsdaten $m_E \cdot r \cdot B$. Als Belegungszeit der Anlage für den Druckvorgang der Listen ergibt sich somit:

$$(24.1) \quad t_{bA/H3} = t_{uA/H3} + m_E \cdot r \cdot B \cdot t_{eA/H3}$$

Da die Listen am Ende jeder Historienperiode ausgedruckt werden, findet der Druckvorgang im Jahr mit der Häufigkeit $240/(r \cdot B)$ statt. Die Jahreskosten für den Ausdrückvorgang betragen - unter Verwendung des Maschinensatzensatzes pro Minute $MS/60$ - somit:

$$(25.1)$$

$$K_{bA/H3/J} = \left[t_{uA/H3} + m_E \cdot r \cdot B \cdot t_{eA/H3} \right] \cdot \frac{240}{r \cdot B} \cdot \frac{MS}{60}$$

Neben den dargelegten Kosten für die Belegung der Datenverarbeitungsanlage pro Jahr sind wiederum die Kosten der übrigen betrieblichen Abläufe zu berücksichtigen, die von der Periodizität der Datenverarbeitungsanlage beeinflusst werden. Das seien wieder die in der zweidimensionalen Rechnung angegebenen Lagerbestandskosten für zusätzliche Sicherheitsbestände (vgl. S. 153):

$$(13.1) \quad K_L = K_{L/O} + k \cdot B$$

Damit sind alle Kostenbestandteile bekannt und können zu einer Summe zusammengefaßt werden. Die Gesamtkosten betragen:

$$(26.1)$$

$$K_{ges} = K_{bA/B/J} + K_{bA/H1/J} + K_{bA/H2/J} + K_{bA/H3/J} + K_L$$

Setzt man für die angegebenen fünf Summanden die eingangs ermittelten Ausdrücke (12.2)¹⁾, (20.1), (23.1), (25.1) und (13.1)²⁾ ein und schreibt vereinfachend für $t_{rA/B} + t_{uA/B} = t'_{uA/B}$ sowie für $240 \cdot 1/60 = 4$, ergibt sich:

(26.2)

$$\begin{aligned}
 K_{\text{ges}} = & \left[t'_{uA/B} + (m_E \cdot t_{eA/E} + m_A \cdot t_{eA/A}) \cdot B \right] \cdot \frac{4 \cdot MS}{B} \\
 & + (t_{uA/H1} + m_E \cdot t_{eA/H1} \cdot B) \cdot \frac{4 \cdot MS}{B} \\
 & + \left[(r-1) \cdot t_{uA/H2} + m_E \cdot B \cdot t_{eA/H1} \cdot (r^2 + r - 2) \right] \cdot \frac{4 \cdot MS}{r \cdot B} \\
 & + \left[t_{uA/H3} + m_E \cdot r \cdot B \cdot t_{eA/H3} \right] \cdot \frac{4 \cdot MS}{r \cdot B} \\
 & + K_{L/O} + k \cdot B
 \end{aligned}$$

Die Gleichung beschreibt ein "trichterförmiges Kostengebirge" in einem dreidimensionalen Raum, dessen Koordinaten in der Grundfläche einerseits die Betriebsperiode B und andererseits die Historienperiode $H = r \cdot B$ darstellen. Die Höhe des Kostengebirges wird an der dritten Koordinate gemessen. Die optimale Betriebs- und Historienperiode ist durch die Grundflächenkoordinaten des tiefsten Trichterpunktes gegeben. Sie werden gefunden durch partielles Differenzieren des Ausdrucks für die Gesamtkosten (26.2) nach B und nach r . Die Bildung der beiden partiellen Differentialquotienten ist im Anhang dargestellt.

Durch das partielle Differenzieren von $\partial K_{\text{ges}} / \partial B$ und $\partial K_{\text{ges}} / \partial r$ entstehen zwei Ausdrücke, die beide zur Ermittlung der Optimalwerte B_{opt} und r_{opt} Null zu setzen sind. Somit hat man zwei Gleichungen für die zwei Unbekannten B_{opt} und r_{opt} . Beide Ausdrücke können nach B_{opt} oder nach

1) Vgl. dazu auch S. 161.

2) Vgl. dazu auch S. 161.

r_{opt} aufgelöst werden. Hier sind beide Ausdrücke nach B_{opt} aufgelöst worden und durch den Index I und II voneinander unterschieden. I steht für den Ausdruck, der aus dem Differentialquotienten $\partial K_{\text{ges}} / \partial B$ entstanden ist, und II für den, der aus $\partial K_{\text{ges}} / \partial r$ gebildet wurde. Beide Ausdrücke sind durch die Beziehungen (27.1) und (28.1) wiedergegeben.

(27.1)

$$B_{\text{opt/I}} = \sqrt{\frac{4 \cdot MS}{k} \cdot \left[t'_{uA/B} + t_{uA/H1} + t_{uA/H2} + \frac{1}{r_{\text{opt}}} (t_{uA/H3} - t_{uA/H2}) \right]}$$

$$(28.1) \quad B_{\text{opt/II}} = \frac{t_{uA/H3} - t_{uA/H2}}{m_E \cdot t_{eA/H1} \cdot (r_{\text{opt}}^2 + 2)}$$

Zur Lösung lassen sich beide Gleichungen quadrieren und gleichsetzen sowie auf der rechten und linken Seite dann mit r multiplizieren. In dem erhaltenen Ausdruck ist zur Vereinfachung der Wert

$$\frac{4 \cdot MS}{k} \cdot m_E^2 \cdot t_{eA/H1}^2 = 0 ,$$

$$t'_{uA/B} + t_{uA/H1} + t_{uA/H2} = T_{uA} \quad \text{und}$$

$$t_{uA/H3} - t_{uA/H2} = \Delta t_{uA}$$

zu setzen. Dann ergibt sich nach Null aufgelöst als Polynom fünften Grades von r :

$$(29.1) \quad 0 = + 1 \cdot r^5 \cdot 0 \cdot T_{uA} + 1 \cdot r^4 \cdot 0 \cdot \Delta t_{uA} \\ + 4 \cdot r^3 \cdot 0 \cdot T_{uA} + 4 \cdot r^2 \cdot 0 \cdot \Delta t_{uA} \\ + 4 \cdot r^1 \cdot 0 \cdot T_{uA} + r \cdot r^0 \cdot 0 \cdot \Delta t_{uA} \\ - 1 \cdot r^1 \cdot \Delta t_{uA}^2$$

Die sinnvollen Nullstellen dieses Polynoms für r - es sind auch die optimalen Vielfachen - ergeben in Gl. (27.1) oder (28.1) eingesetzt die optimalen Betriebsperioden B_{opt} . Zur Lösung des Problems genüge ein graphisches Näherungsverfahren, das mit hinreichender Genauigkeit nur die positiven Werte für B und r ermittelt.

Ausgehend von der Tatsache, daß für höchstens fünf positive Wertepaare von B und r die Beziehungen (27.1) und (28.1) gleichzeitig erfüllt sind, seien beide Gleichungen in ihrem Verlauf graphisch dargestellt. Die Schnittpunkte beider Kurven genügen dieser Bedingung. Für diese Wertepaare sind die Differentialquotienten nach Voraussetzung Null, womit das Kostenminimum gefunden wäre.

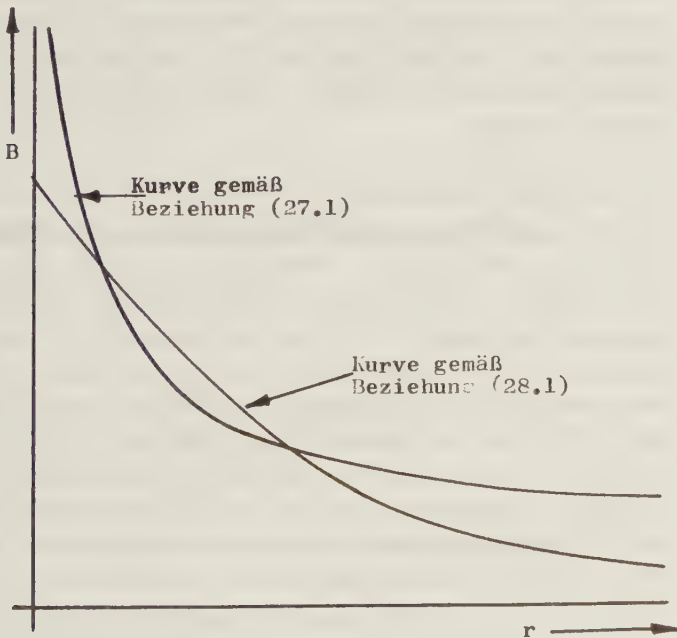


Abb. IV/5: Verlauf der Beziehungen (27.1) und (28.1) mit $B = f(r)$. In den Schnittpunkten der Kurven sind die Wertepaare B und r gleich. Es sind die gesuchten optimalen Perioden.

Wegen des Informationscharakters der betreffenden Materialbewegungsdaten ist man bestrebt, die Daten möglichst lange zu sammeln und in einer Liste sortiert auszudrucken, um nicht bei Rekonstruktionen der Vergangenheit in verschiedenen Listen suchen zu müssen. Damit wird das dargelegte sortierte Zumischen der jeweils neuen Daten notwendig, das zu der Funktion $(r^2 + r - 2) \cdot t_{eü}$ führt und damit ein überproportionales Wachsen der Betriebsmittel-Ausführungszeit und Belegungszeit für den zweiten Teilarbeitsablauf bewirkt. Ein ähnliches Verhalten der Belegungszeiten von Betriebsmitteln wie oben dargelegt ist dem Produktionsprozeß jedoch fremd.

Zu einer anderen Betrachtung, jedoch mit ähnlichem Ergebnis wie die eingangs gezeigte zweidimensionale Rechnung, gelangt man, wenn man den Modellansatz, der zur optimalen Werkstattlosgröße führt, auf den Datenverarbeitungsprozeß überträgt.

IV.2.4. Optimale Stapelgrößen im Modell von Schulz¹⁾

Schulz geht aus von Ellingers Ansatz für die optimale Werkstattlosgröße.²⁾ Hier muß ein Werkstattlos von Teilen, die bearbeitet werden sollen, an der Bearbeitungsstelle Wartezeiten hinnehmen. Die Wartezeit des einzelnen Teiles ist umso größer, je größer das Los ist. Ist die Bearbeitungszeit eines Teiles t_e und werden m Teile gefertigt, muß jedes Teil $(m - 1) \cdot t_e$ Zeiteinheiten auf die Fertigstellung der übrigen Teile warten. Die Summe der Wartezeiten aller Teile ist $m \cdot (m - 1) \cdot t_e$. Für

- 1) S c h u l z , A.: Optimale Losgrößen in der Informationsverarbeitung, in: ZfB, Jg. 39 (1969), H. 5, S. 323 - 335. Entsprechend in einer späteren Veröffentlichung:
S c h u l z , A.: Strukturanalyse der maschinellen betrieblichen Informationsbearbeitung, a.a.O., S. 230 - 241.
- 2) E l l i n g e r , Th.: Ablaufplanung, a.a.O., S. 89 ff.
S c h u l z , A.: Strukturanalyse ..., a.a.O., S. 231 f.

die damit am Bearbeitungsplatz auftretende Kapitalbindung, die je Teil im Durchschnitt zwischen bearbeitetem und unbearbeitetem Zustand $\overline{St}$ betrage, entstehen Zinskosten p , die offensichtlich steigen, je größer das Los wird. Ist der Jahresbedarf an Teilen J , entstehen jährlich Kosten für das ablaufbedingte Warten von $(m - 1) \cdot t_e \cdot J \cdot \overline{St} \cdot p' \cdot f_{KA}$, wobei f_{KA} ein Korrekturfaktor zur Kennzeichnung des Verhältnisses zwischen Kalenderzeit und tatsächlicher Bearbeitungszeit ist¹⁾ und p' einen auf die Dimension der Bearbeitungszeit bezogenen Zinsfaktor darstellt.

Mit wachsender Werkstattlosgröße sinken jedoch die auf das einzelne Teil bezogenen auflagefixen Kosten A . Sie betragen für das ganze Jahr $A \cdot J/m$. Beide Kostengrößen sind durch geeignete Wahl der Werkstattlosgröße zu einem Bestwert zu vereinigen.

Ist das Los gefertigt und an das Fertigwarenlager geliefert, wird es nach Voraussetzung sukzessive verbraucht. Der Lagerbestand sinkt von der Menge m bis auf 0. Für diesen Lagerbestand an Fertigwaren fallen ebenfalls Zinskosten an. Bei gleichmäßigem Abbau des Lagers betragen die Zinskosten für die Kapitalbindung über das ganze Jahr gesehen $(1/2) \cdot m \cdot St \cdot p$, wobei St den Wert des fertigen Teiles bezeichnet. Stehen diesen Zinskosten auflagefixe Kosten gegenüber, läßt sich mit Hilfe der Formel von Andler der Bestwert für die Losgröße m ermitteln.²⁾

Die Ansätze für das Losgrößenmodell von Andler und von Ellinger lassen sich kombinieren, wie Ilg darlegt.³⁾ So ergibt sich die folgende Gleichung für die gesamten Lagerkosten und Auflegungskosten:

- 1) Bei ununterbrochener Fertigung ist $f_{KA} = 1$, andernfalls entsprechend größer.
- 2) A n d l e r , K.: Rationalisierung ..., a.a.O.
- 3) I l g , H.: Bestimmung der wirtschaftlichen Losgröße bei verschiedenen Produktionsabläufen, in: Werkstattstechnik, Jg. 52 (1962), S. 190 ff.

$$(30.1) \quad GK = \frac{1}{2} \cdot m \cdot St \cdot p + \frac{A \cdot J}{m} + (m-1) \cdot t_e \cdot f_{KA} \cdot \overline{St} \cdot p' \cdot J$$

Diese Gesamtkosten gilt es zu minimieren:

$$(30.2) \quad \frac{dGK}{dm} = \frac{1}{2} \cdot St \cdot p - \frac{A \cdot J}{m^2} + t_e \cdot f_{KA} \cdot \overline{St} \cdot p' \cdot J = 0$$

Daraus ergibt sich als optimale Teilezahl:

$$(31.1) \quad m_{opt} = \sqrt{\frac{A \cdot J}{\frac{1}{2} \cdot St \cdot p + t_e \cdot f_{KA} \cdot \overline{St} \cdot p' \cdot J}}$$

Wollte man diese Losgrößenformel auf die Datenverarbeitung, also auf die Verarbeitung eines Stapels Lochkarten oder eines "Stapels" von Magnetbandsätzen anwenden, so würde man zwar auch auf Wartezeiten des Gesamtloses vor und nach der Bearbeitungsstelle sowie bei der Bearbeitung selbst stoßen durch die Phasen der Vor-, Zwischen- und Nachspeicherung, es wäre jedoch zu bedenken, daß mit der Existenz von Daten keine Zinskosten im herkömmlichen Sinne verbunden sind und somit im Nenner des oben gegebenen Ausdrucks der Wert Null stehen würde. Die Situation wird jedoch dann mit dem Produktionsprozeß vergleichbar, wenn man den Daten einen Informationswert zuordnet, der umso mehr sinkt, je länger die Daten auf ihre Verarbeitung warten müssen, d.h. je länger der Empfänger der Information auf diese warten muß. Schulz erläutert derartige "Wertminderungskosten" an dem Beispiel eines Versandhauses, bei dem der Kunde u.U. seine Bestellung storniert, wenn er nicht rechtzeitig bedient wird.¹⁾

Zusammenfassend stellt Schulz fest, daß die durch Vor- und Zwischenspeicherung von Informationen verursachten Wertminderungen unmittelbar zeitabhängig und damit sta-

1) S c h u l z , A.: Optimale Losgrößen ..., a.a.O., S. 328.

pelgrößenabhängig sind. Die Vorspeicherung von Informationen verhält sich zur Nachspeicherung von Sachgütern invers. Während der Bestand eines Fertigwarenlagers durch Zugang eines Loses sprunghaft steigt und dann sukzessive abgebaut wird, wächst die Zahl der Informationen in einem Vorspeicher stetig bis zur Stapelgröße m an, um dann sprungartig auf Null abzusinken. Der mittlere Bestand von Sachgütern wie von Informationen ist in beiden Fällen $m/2$. Unter diesen Bedingungen kann man auf die oben dargelegte Formel aus der Kombination der Ansätze von Andler und Ellinger zurückgreifen, wenn man die Einflußgrößen informationell interpretiert.

An die Stelle der Zinsfaktoren p und p' setzt Schulz die Wertminderungsfaktoren q und q' . Die auflagefixen Kosten behalten ihre Bedeutung, und der stückzahlmäßige Jahresbedarf J wird als jährlicher Anfall informationeller Übertragungs- und Bearbeitungsobjekte (Lochkarten, Magnetbandsätze o.ä.) gleicher Art für ein bestimmtes Verarbeitungsprogramm interpretiert. An die Stelle der Herstellkosten St tritt der Wert W einer Information. Dann gilt analog zu (30.1)

$$(32.1) \quad GK = \frac{1}{2} \cdot m \cdot W \cdot q + \frac{A \cdot J}{m} + (m-1) \cdot t_e \cdot f_{KA} \cdot W \cdot q' \cdot J$$

und die entsprechende Stapelgröße wird:

$$(32.2) \quad m_{opt} = \sqrt{\frac{A \cdot J}{W \cdot (\frac{1}{2} \cdot q + t_e \cdot f_{KA} \cdot q' \cdot J)}}$$

Nach einer Umformung aus Zweckmäßigkeitsgründen mit $J = J' \cdot (360/T)$, wobei J' eine Auflagenhöhe ist, die den Bedarf für einen Zeitraum T verkörpert, der in Tagen gemessen sei¹⁾, erhält Schulz:

1) Dem Symbol T entspricht bei Marik B und dem Symbol J' das Produkt $m_E \cdot B$.

$$(32.3) \quad m_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{A \cdot J' \cdot 360}{W \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot q \cdot T + t_e \cdot f_{KA} \cdot q' \cdot J' \cdot 360\right)}}$$

Das Ergebnis sagt aus, daß große Bearbeitungszeiten t_e und großer Informationswert W zu kleinen Stapelgrößen führen. Dieses Ergebnis wird vom Betriebsalltag bestätigt. Für das Top-Management wichtige Informationen werden im allgemeinen sofort bearbeitet, insbesondere auch, wenn diese Informationen schnell an Wert verlieren¹⁾, d.h. wenn q und q' entsprechend groß sind. Demgegenüber sollten nur statistische Daten, für die q und q' nahezu Null ist, in möglichst großen Stapeln gemeinsam ausgewertet werden. Im Zähler der Gl. (32.3) ist nur der Faktor A von besonderer Bedeutung. Würde A zu Null werden, wäre eine Zusammenfassung von Daten nicht mehr erforderlich.

Folgend prüft Schulz die Frage, welche Auswirkungen " ... die Methoden der elektronischen Datenverarbeitung auf die optimale Stapelgröße" haben. Er stellt fest, daß " ... neuere Datenverarbeitungsanlagen mit simultaner Betriebsweise ..." so "organisiert und programmiert" sind, "daß sie jede anfallende Information praktisch ohne zusätzliche Rüstkosten direkt verarbeiten können. Deshalb entfällt in einem solchen Fall die Notwendigkeit, Stapel zu bilden. Das andere Extrem in der Datenverarbeitung sind Lochkartenmaschinen, bei denen erhebliche Rüstkosten anfallen."²⁾

1) Einen derartigen Wertverlust findet man auch in einigen Fällen bei der Lebensmittelproduktion. Gedacht ist an die Weiterverarbeitung von gewissen Milch- und Fischprodukten, die schon in kurzen Zeiten einem hohen Wertverlust ausgesetzt sind.

2) S c h u l z , A.: Strukturanalyse ..., a.a.O., S. 236.

Zu dieser Aussage scheinen einige ergänzende Anmerkungen angebracht. Vorbereitungen bei neueren Datenverarbeitungsanlagen mit simultaner Betriebsweise, die " ... jede anfallende Information praktisch ohne zusätzliche Rüstkosten direkt verarbeiten können", sind nicht ohne weiteres vergleichbar mit den entsprechenden Vorbereitungen bei Anlagen, die zwar zu Simultanarbeit fähig sind, nicht aber direkte oder sofortige Verarbeitung im Sinne des eingangs geschilderten Teilnehmer- oder Teilhaberbetriebes¹⁾ ausführen können. Wenn Schulz in der Folge argumentiert, daß Programmierungskosten als Fixkosten bei der Errechnung der optimalen Stapelgröße durch die Differentiation herausfallen²⁾, so ist das formal richtig, läßt aber nicht den für den Leser naheliegenden Schluß zu, daß die simultane Betriebsweise mit S o f o r t v e r a r b e i t u n g auf jeden Fall vorteilhafter wäre als mit S t a p e l v e r a r b e i t u n g, da durch den Fortfall von Rüstkosten die Verarbeitung von Informationen losgrößen- und damit auch terminunabhängig würde, ohne daß sich dieser Umstand in den Kosten auswirkt.³⁾ Auf folgendes sei hier im Anschluß an frühere Ausführungen nochmals hingewiesen:

Die für Sofortverarbeitung vorgesehenen Programme müssen in der Datenverarbeitungsanlage auf Speicherplätzen des Hauptspeichers bereitgehalten werden und dort auf eintreffende und zu verarbeitende Informationen warten. Andernfalls kann die Rüstzeit nicht zu Null werden. Für dieses Bereithalten gespeicherter Programme entstehen al-

1) Vgl. die Ausführungen auf S. 104 ff und S. 108, Tafel Nr. 2.

2) S c h u l z, A.: Strukturanalyse ..., a.a.O., S. 236.

3) Bei Datenverarbeitungsanlagen für Sofortverarbeitung strebt man in der Regel eine Auslastung von lediglich $\frac{2}{3}$ des quantitativen Leistungsvermögens an, um bei stoßweisem hohen Datenanfall genügend Reserven zu haben. Vgl.

G r a e f, M., G r e i l l e r, R., H e c h t, G.: Datenverarbeitung im Realzeitbetrieb, a.a.O., S. 143. Aber auch das Betriebssystem ist wesentlich umfangreicher und verursacht damit höhere Kosten. (Dieselben, S. 129).

so Wartekosten, die sich am Umfang der benötigten Speicherplätze, an deren Kosten pro Speicherplatz und an der Länge der Wartezeit orientieren. Die zu Null gewordene Rüstzeit ist kostenmäßig - wenn auch nicht mit dem dargestellten Modell erfaßbar - durch die Wartezeit substituiert worden. Wartezeiten bedeuten Leerkosten, also ungenutztes Leistungsvermögen.

Sind die wartenden Programme im Hauptspeicher untergebracht, müssen wesentlich höhere Wartekosten in Kauf genommen werden als wenn die Programme auf einem peripheren Speicher bereitstehen. Das Warten auf einem peripheren Speicher bedeutet jedoch, daß die betreffenden Programme erst in den Hauptspeicher übertragen werden müssen, bevor die eingetroffenen Informationen verarbeitet werden können. Hier findet also, wenn auch nur mit sehr geringem Zeitbedarf, ein vorbereitender Einrichtevorgang statt. Für den außenstehenden Beobachter sind bei derartigen Verfahren weder die Wartezeiten noch die internen Einrichte- oder Vorbereitungsvorgänge für das Übertragen eines Programmes in den Hauptspeicher sichtbar.¹⁾²⁾ Aus technischer und betriebswirtschaftlicher Sicht kann man daher der eingangs zitierten Argumentation von Schulz nicht in allen Punkten folgen.

Lenkt man den Blick vom Datenverarbeitungsprozeß auf den industriellen Produktionsprozeß, findet sich beim Ein-

- 1) Ein Zahlenbeispiel möge das Problem verdeutlichen. Die Übertragung der benötigten Programme aus einem relativ kostengünstigen peripheren Speicher in den Hauptspeicher benötige eine Millisekunde. Die Verarbeitung der Informationen benötige ebenfalls eine Millisekunde. Dann ist die Belegung des Hauptspeichers für die Einrichtevorgänge, die dem Beobachter verborgen bleiben, ebenso groß wie für die Verarbeitungszeit.
- 2) Neben dem dargestellten Kostenargument findet sich u.U. auch ein technischer Grund, der eine Stapelverarbeitung notwendig macht. So kann beispielsweise ein Problem der Kapazitätsbelegungsplanung von Produktionsstätten oder ein Problem der linearen Planungsrechnung nur bei Vollständigkeit des Stapels zu sinnvollen Ergebnissen kommen, wobei jedoch der Stapel nicht aus Daten besteht, die sukzessive anfallen.

satz von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen eine Bestätigung für die angeführte Kritik. Durch numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen, die u.U. ebenfalls nur ein Minimum an Rüstzeit benötigen, ist die wirtschaftliche Zweckmäßigkeit der Losbildung, wenn große Stückzahlen gefordert sind und sich andere Verfahren als kostengünstiger erweisen, nicht hinfällig geworden.

Das Problem der Sofortverarbeitung ist jedoch noch unter anderen Gesichtspunkten zu sehen. Sofortverarbeitung, die für gewisse Problemstellungen notwendig ist¹⁾, erfordert, daß jederzeit freies Leistungsvermögen der Datenverarbeitungsanlage zur Verfügung steht. Freies Leistungsvermögen bedeutet einerseits, daß zumindest Teile der Datenverarbeitungsanlage auf eintreffende und zu verarbeitende Daten warten, und andererseits, daß die technisch bedingten Ausfallzeiten gering sind.

Der erste Aspekt führt auf aus dem industriellen Produktionsprozeß bekannte Problemstellungen der Warteschlangenbildung, insbesondere der Reihenfolgeplanung. Der zweite Aspekt führt auf ebenfalls aus dem industriellen Produktionsprozeß bekannte Problemstellungen der Instandhaltungsstrategie und auf Sicherungsprobleme der Produktionsqualität im Herstellungsprozeß von Datenverarbeitungsanlagen. Im folgenden soll der Blick auf die genannten Aspekte gelenkt werden, wobei den Warteschlagen- und Reihenfolgeproblemen der erste Schritt gilt.

1) Vgl. Abschn. III.3.2.3 und III.3.2.4 dieser Arbeit.

IV.3. Wartezeit- und Reihenfolgeprobleme im Verlaufe von Datenverarbeitungsprozessen

IV.3.1. Allgemeine Ursachen von Wartezeit und Reihen- folgeproblemen und die grundsätzliche Struktur dieser Probleme

Wartezeit- und Reihenfolgeprobleme beim Datenverarbeitungsprozeß sind nur einige der Formen von vielen Problemstellungen gleicher Art aus der Wirtschaft, der Technik, insbesondere aus dem industriellen Produktionsprozeß und aus sonstigen Bereichen des täglichen Lebens. Dabei entstehen Wartezeit- und Reihenfolgeprobleme in allen Fällen aus gleichen Gründen.¹⁾²⁾

-
- 1) Zur Bildung von Warteschlangen und ihrer prinzipiellen Struktur vgl. beispielsweise
A n g e r m a n n , A.: Industrielle Planungsrechnung, Bd. 1, Entscheidungsmodelle, Frankfurt 1963, S. 241.
C h u r c h m a n , C.W., A c k o f f , R.L., A r n o f f , E.L.: Operations Research, 4. Aufl., Wien - München 1968, S. 355 ff.
C o x , D.R., S m i t h , W.L.: Queues, London - New York 1961, S. 1 f.
F e r s c h l , F.: Zufallsabhängige Wirtschaftsprozesse, Wien - Würzburg 1964, S. 32 ff.
M o r s e , Ph.M.: Queues, Inventories and Maintenance, 4. Aufl., New York 1963, S. 1 f.
S c h n e e w e i ß , H.: Zur Theorie der Warteschlangen, in: ZfhF, N.F., Jg. 12 (1960), S. 471, 473 f.
K ä p p e l e r , M.: Aufgaben, Probleme und Verfahren ..., a.a.O., S. 116 ff.
Eine umfassende Darstellung der Theorie der Warteschlangen gibt beispielsweise auch
S a a t y , T.L.: Elements of Queuing Theory, With Applications, New York - Toronto - London 1961.
 - 2) Wartezeitprobleme werden zu Reihenfolgeproblemen, wenn es darum geht, durch geeignete Wahl der Reihenfolge in der Bedienung einen Bestwert zu erzielen. Vgl. dazu C h u r c h m a n , C.W., A c k o f f , R.L., A r n o f f , E.L.: Operations Research, a.a.O., S. 25, 409 ff.
K e r n , W.: Operations Research, a.a.O., S. 63 f.
M ü l l e r - M e r b a c h , H.: Optimale Reihenfolgen, Berlin - Heidelberg - New York 1970, S. 1 ff, 170 ff.

Gegeben ist eine Service-Stelle, an der in unterschiedlichen Zeitabständen zu bedienende Kunden bzw. zu bearbeitende Objekte eintreffen. Trifft ein Kunde ein und ist die Service-Stelle besetzt, entsteht für ihn eine Wartezeit. Treffen mehrere Kunden während der Abfertigung eines Kunden ein, entsteht eine sogenannte Warteschlange, in der jeder Kunde unterschiedliche Wartezeiten hinnehmen muß. Während durch das Eintreffen weiterer Kunden die Tendenz zur Verlängerung der Warteschlange besteht, wirkt gleichzeitig die laufende Bedienung der Kunden durch die Service-Stelle verkürzend auf die Warteschlange.

Im allgemeinen Fall darf jedoch nicht nur für die Ankunftsdaten der Kunden, sondern auch für die Bedienungszeiten der Kunden an der Service-Stelle unterstellt werden, daß sie in ihrer Länge unterschiedlich sind, da fallweise unterschiedliche Arbeitsgänge notwendig werden. Da Ankunftsintervalle und Bedienungszeiten Schwankungen unterliegen, entstehen zeitweise Warteschlangen von Kunden¹⁾, wenn die eintreffenden Kunden gegenüber den abgefertigten überwiegen, und fallweise Leerzeiten der Service-Stelle, wenn alle Kunden abgefertigt sind und augenblicklich keine neuen Kunden eintreffen. Beides ist unerwünscht.²⁾

1) Wartezeiten der Service-Stelle ergeben das duale Problem zu Wartezeiten der Kunden. Vgl. dazu
S c h n e e w e i ß , H.: Zur Theorie der ..., a.a.O., S. 474, und
K ä p p e l e r , M.: Aufgaben, Probleme und Verfahren ..., a.a.O., S. 117.

2) Wartezeiten von Kunden auf Bedienung und Wartezeiten der Service-Stelle auf Kunden lassen sich jedoch dann vermeiden, wenn die zeitbezogenen Ankunftsdaten der Kunden und deren Bedienungszeiten konstant sind und das Leistungsvermögen der Service-Stelle beiden Bedingungen angepaßt ist.

Neben diesem hier dargelegten sogenannten Ein-Kanal-System treten im praktischen Fall auch Mehr-Kanal-Systeme auf, bei denen mehrere gleichartige Service-Stellen parallel vorhanden sind und die Kunden sich die Stellen mit der jeweils günstigsten Situation auswählen können. Häufig sind auch Service-Stellen zu einem Service-System hintereinander geschaltet, wobei der Kunde die einzelnen Stationen Zug um Zug durchlaufen muß. Output der Vorstation und Input der Folgestation sind dann miteinander gleich.

Liegt der allgemeine Fall eines Warteproblems im Mehr-Kanal-System vor, müssen zur quantitativen Beschreibung der Situation folgende Angaben gemacht werden:¹⁾

- die Verteilung der Ankunftsintervalle der Kunden an der Service-Stelle,
- die Anzahl der Service-Stellen mit ihrem Bedienungsmodus und den daraus resultierenden Bedienungszeiten mit ihrer Häufigkeitsverteilung,
- die sogenannte Warteschlangendisziplin, d.h. die Festlegung der Prioritäten, mit denen die einzelnen Kunden bedient werden.²⁾

1) Vgl. dazu beispielsweise

C h u r c h m a n , C.W., A c k o f f , R.L., A r -
n o f f , E.L.: Operations Research, a.a.O., S. 357.
Die dort genannten vier Angaben sind hier zu drei zu-
sammengefaßt, das betrifft die Angaben Nr. 2 und Nr. 4.
Kern unterteilt in fünf Angaben:
K e r n , W.: Operations Research, a.a.O., S. 65.

2) Für derartige Prioritäten bei der Bedienung einzelner Kunden oder auch Bearbeitung einzelner Objekte lassen sich aus verschiedenen Bereichen des täglichen Lebens Beispiele anföhren: Verkauf von Aktien bei Kapitalerhöhung (Besitzer alter Aktien haben höhere Priorität als Kunden, die noch keine Aktien des Unternehmens besitzen); Buchung von Flugplätzen (höchste Priorität haben Fluggäste mit dem Status "very important person", nächste Priorität haben Fluggäste, die für diesen Flug einen Platz fest gebucht haben, dritte Priorität haben wartende, aber für diesen Flug nicht fest eingetragene Fluggäste usw.) Nach
G r a e f , M., G r e i l l e r , R., H e c h t , G.:
Datenverarbeitung im Realzeitbetrieb, a.a.O., S. 155.

Die Analyse eines Wartezeitproblems mit Hilfe der Warteschlangentheorie dient dazu, Verbesserungsmöglichkeiten durch Variation einzelner Daten aufzufinden, ohne Experimente durchführen zu müssen.¹⁾

IV.3.2. Entstehung von Wartezeit- und Reihenfolgeproblemen bei Datenverarbeitungsprozessen

Nach Schulz²⁾ können Wartezeiten eines Datenflusses aus zwei Gründen auftreten. Der eine Grund liegt darin, daß das quantitative Leistungsvermögen eines Übertragungskanals³⁾ nicht ausreicht für die auf Übertragung wartenden Daten.⁴⁾ Der andere Grund findet sich im ungenügenden quantitativen Leistungsvermögen einer Verarbeitungsstelle, insbesondere des Rechenwerkes der Zentraleinheit.

Aus der Sicht eines weniger großen Abstraktionsgrades machen sich bei der Betrachtung des quantitativen Leistungsvermögens eines Übertragungskanals mehrere bereits besprochene Komponenten bemerkbar, die die sog. Bedienungszeiten für die einzelnen wartenden Datenmengen beeinflussen. Einerseits sind das die mit elektronischer Geschwindigkeit ablaufenden Funktionen und andererseits die mechanisch bedingten Abläufe beim Auf- und Abbau von statischen und externen dynamischen Einrichtungen. An einem

1) K ä p p e l e r , M.: Aufgaben, Probleme und Verfahren ..., a.a.O., S. 118.

2) S c h u l z , A.: Strukturanalyse,..., a.a.O. Schulz gibt eine eingehende Betrachtung der Struktur von Wartezeitproblemen bei Datenverarbeitungsanlagen (S. 214 - 230, hier S. 215 f), wobei auch auf Gemeinsamkeiten mit dem industriellen Produktionsprozeß Bezug genommen wird, z.B. wenn Schulz auf die Planung von Maschinenreparaturzeiten in Industriebetrieben verweist und gleiche Bedienungsstrategien wie im Datenverarbeitungsprozeß feststellt (S. 217).

3) Vgl. S.61 , Anm. 3)

4) Hier reicht gewissermaßen die Transportkapazität nicht aus.

vereinfachten Beispiel soll die Bedeutung dieser Sicht mit einem weniger großen Abstraktionsgrad erläutert werden.

Zu einem bestimmten Zeitpunkt bestehe eine Warteschlange aus mehreren Bytes für eine Übertragung von oder zu einem peripheren Speicher. Treten keine weiteren Einflüsse auf, die den Übertragungsvorgang zugunsten anderer Arbeiten unterbrechen, setzt sich die Wartezeit auf Übertragung für das letzte Byte zusammen aus den mit elektronischer Geschwindigkeit ablaufenden Steuerungs- und Übertragungsvorgängen für ein Byte $t_{eü/B}$, multipliziert mit der Anzahl der zu übertragenden Bytes, die in gleich großen Gruppen zu je m_B Bytes mit Hilfe einer Vorbereitung übertragen werden. Die Gesamtzahl der zu übertragenden Bytes ist somit $\sum m_B$. Die durch die elektronischen Vorgänge bedingte Wartezeit des letzten Bytes beträgt somit $t_{eü/B} \cdot (\sum m_B - 1 \cdot m_B)$. Hinzu kommt die durch den Auf- und Abbau von Einrichtungen bedingte Wartezeit, die mit einer Häufigkeit von $(\sum m_B)/m_B$ auftritt. Der einzelne Vorbereitungsgang benötigte eine Zeit von t_{vB} . Somit beträgt die gesamte Wartezeit des letzten Bytes

$$(33.1) \quad t_w = \frac{\sum m_B}{m_B} \cdot t_{vB} + t_{eü/B} \cdot (\sum m_B - 1 \cdot m_B)$$

Die folgende Textabbildung zeigt den prinzipiellen Verlauf dieser Wartezeit in Abhängigkeit von der Größe der zu übertragenden Datengruppen m_B .

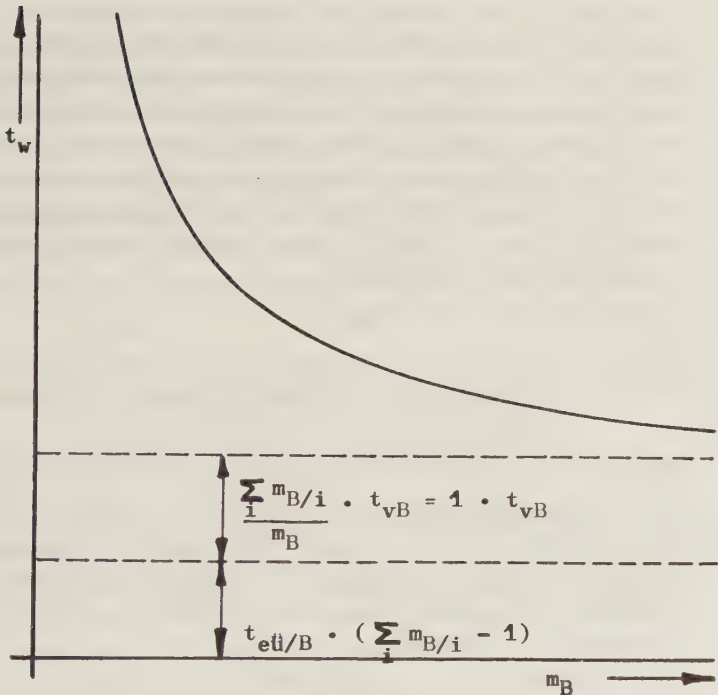


Abb. IV/6: Wartezeit des letzten Bytes in Abhängigkeit von der Größe m_B der Byte-Gruppen, die mit einer Vorbereitung geschlossen übertragen werden können. Die Gesamtzahl der zu übertragenden Bytes $\sum_i m_{B/i}$ sei dabei konstant.

Sind die Vorbereitungszeiten für den Aufbau von Einrichtungen von Bedeutung, ist es also zweckmäßig, die von Schulz eingangs genannten zwei Gründe für das Auftreten von Wartezeiten stärker zu differenzieren und das Problem aus einem weniger großen Abstraktionsgrad zu betrachten. Damit lassen sich in geeigneten Fällen auch zweckmäßigere Strategien für die Bedienung von Warteschlangen oder für die Reihenfolge in der Bedienung festlegen.

Trifft eine zu verarbeitende Datengruppe in der Zentraleinheit ein, so kann sie u.U. mehrere Verarbeitungsschritte durchlaufen, wobei sich vor jedem Verarbeitungsschritt eine eigene Warteschlange bilden kann.¹⁾ Die Summe aller Übertragungs-, Warte- und Verarbeitungszeiten ergibt die sog. Antwortzeit des datenverarbeitenden Systems. Sie enthält die Übertragungszeit von der Eingabestation zur Datenverarbeitungsanlage und zurück. Vgl. dazu die folgende Abbildung.

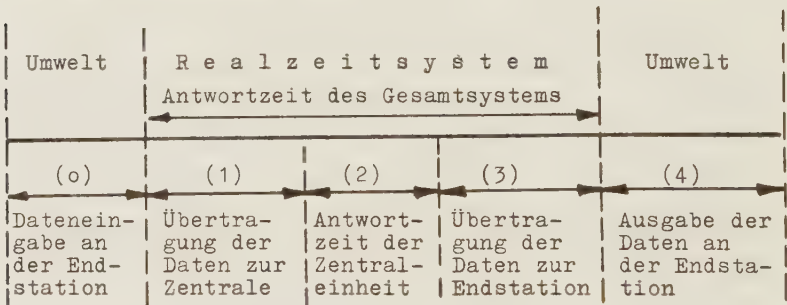


Abb. IV/7: Prinzipdarstellung eines Realzeitsystems (ohne Maßstab)²⁾

Einerseits ist gewünscht, daß diese Antwortzeit möglichst kurz wird, andererseits kann dafür nicht ein beliebig großes Leistungsvermögen zur Verfügung stehen.

- 1) Vgl. hierzu Graef, M., Greiller, R., Hecht, G.: Datenverarbeitung im Realzeitbetrieb, a.a.O., S. 145.
- 2) Nach Graef, M., Greiller, R., Hecht, G.: Datenverarbeitung im Realzeitbetrieb, a.a.O., S. 141.
In der Praxis betragen die Übertragungszeiten nach Angabe der eingangs genannten Autoren oft ein Vielfaches der Antwortzeit der Zentraleinheit. Für ein Platzbuchungssystem rechnet man z.B. mit einer mittleren Antwortzeit von 13 Sekunden, von denen etwa eine Sekunde auf die Antwortzeit der Zentraleinheit entfällt. Ebenda, S. 141.

Zu den ersten Untersuchungen auf diesem Gebiet gehören die im Jahre 1961 am Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.) begonnenen Arbeiten im Rahmen des später unter dem Namen MAC (Machine-Aided Cognition and Multiple-Access Computer) bekannt gewordenen Projektes. Dieses Projekt hatte zum Ziel, Rechenanlagen so zu gestalten und zu organisieren, daß sie laufend dem Menschen als Hilfsmittel für seine Arbeiten zur Verfügung stehen.¹⁾

IV.3.3. Zum Stand der Wartezeit- und Reihenfolgeprobleme bei Datenverarbeitungsprozessen

Für die Entwicklung von Lösungen bei Wartezeit- und Reihenfolgeproblemen der Datenverarbeitungsprozesse werden speziell zwei Wege eingeschlagen. Auf dem einen Wege versucht man - ähnlich wie bei vergleichbaren Wartezeit- und Reihenfolgeproblemen des industriellen Produktionsprozesses -, aus verschiedenen zur Verfügung stehenden Alternativen in den Zuteilungen von Bedienungszeit der Service-Stelle für die wartenden Aufträge die bestmögliche Alternative auszuwählen. Das entspricht nach Saaty²⁾ dem bisher häufigsten Vorgehen bei der Suche nach Bestwerten von Wartezeit- und Reihenfolgeproblemen.

Bei der Realisierung derartiger Lösungen im Datenverarbeitungsfall prüft das Steuer- oder Überwachungsprogramm der Reihe nach jeden vorhandenen Kanal, ob in ihm Aufgaben auf Erledigung warten. Jede gefundene Aufgabe erhält ein festes Zeitintervall, in dem sie bearbeitet wird.

1) Zitiert nach S p i e s , P.P.: Teilnehmer-Rechensysteme, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 9 (1967), H. 3, S. 117 - 122, hier S. 117.

2) Vgl. dazu S a a t y , Th.: Elements of Queueing Theory, a.a.O., S. VIII.
Entsprechend O l i v i e r , G.: Optimale Zeitzuteilung in Teilnehmerrechensystemen. Diss. T.H. Aachen, 1972, S. 14.

Reicht das Intervall zur Erledigung der Aufgaben nicht aus, wird die Arbeit an der Aufgabe unterbrochen und der nächste Kanal geprüft. Schließlich kommt nach absehbarer Zeit die unterbrochene Aufgabe wieder zur Bearbeitung und kann im Verlaufe des zweiten Zeitintervalls abgeschlossen werden. U.U. ist auch eine zweite Unterbrechung denkbar, wenn dieses zweite Zeitintervall zum Abschließen der Aufgabe ebenfalls nicht ausreicht.

Innerhalb des Kanals kann für die wartenden Aufgaben beispielsweise die Rangfolge First In First Out (FIFO) gelten. Im einfachsten Fall ist dann nur festzulegen, welche Bedienungszeiten (sog. Zeitscheiben) vorgesehen werden sollen. Die Größenordnung der Zeitscheiben liegt nach Olivier¹⁾ üblicherweise im Bereich von 20 ms.

Von den Arbeiten, die einen derartigen Weg unter verschiedenen modelltechnischen Voraussetzungen verfolgen, sind zu erwähnen die von Chang²⁾, Coffman und Kleinrock³⁾, Coffman, Trotter und Muntz⁴⁾, Fine und McIsaac⁵⁾, Kleinrock⁶⁾, Krishnamoorthi und Wood⁷⁾, Rasch⁸⁾, Shemer⁹⁾ und

- 1) O l i v i e r , G.: Optimale Zeitzuteilung in Teilnehmerrechensystemen, a.a.O., S. 15.
- 2) C h a n g , W.: Queueing Model for a Simple Case of Time-Sharing, in: IBM Systems Journal, Jg. 5 (1966), H. 2, S. 115 - 125.
- 3) C o f f m a n , E.G., K l e i n r o c k , L.: Feedback Queueing Models for Time-Shared Systems, in: Journal of the A.C.M., Jg. 15 (1968), S. 549 - 576.
- 4) C o f f m a n , E.G., T r o t t e r , H., M u n t z , R.R.: Waiting Time Distributions for Processor-Sharing Systems, in: Journal of the A.C.M., Jg. 17 (1970), S. 123 - 130.
- 5) F i n e , G.H., M c I s a a c , P.: Simulation of a Time-Sharing System, in: Management Science, Jg. 12 (1966), H. 6, S. B-180 - B-194.
- 6) K l e i n r o c k , L.: Analysis of a Time-Shared Processor, in: Naval Research Logistics Quarterly, Jg. 11 (1964), H. 1, S. 59 - 73.
K l e i n r o c k , L.: Time-Shared Systems: A Theoretical Treatment, in: Journal of the A.C.M., Jg. 14 (1967), S. 242 - 261.

Anmerkungen 7 bis 9: siehe S. 192.

Takacs¹⁾. In diesen Arbeiten werden Erkenntnisse über Längen der Warteschlangen und über die Verweildauer der einzelnen Aufgaben in der Datenverarbeitungsanlage gewonnen.

Mit Modifikationen und Untersuchungen von modifizierten derartigen Verfahren befassen sich die Arbeiten von Corbató²⁾, der eine wesentliche Verbesserung dadurch einführte, daß er umfangreichen Aufgaben geringere Prioritäten zuteilte als kurzen Aufgaben und die Zeitscheiben entsprechend der jeweiligen Programmlänge - gemessen am Umfang des Programms in Bezug auf seinen Speicherplatzbedarf - wählte, und von Adiri und Avi-Itzhak³⁾ sowie Schrage⁴⁾. Ähnlich gehen auch Mullery und Driscoll⁵⁾ vor.

Anm. 7 von S. 191:

Krishnamoorthi, B., Wood, R.C.: Time-Shared Computer Operations with both Interarrival and Service Times Exponential, in: Journal of the A.C.M., Jg. 13 (1966), S. 317 - 338.

Anm. 8 von S. 191:

Rasch, Ph.J.A.: Queueing Theory Study of Round-Robin Scheduling of Time-Shared Computer Systems, in: Journal of the A.C.M., Jg. 17 (1970), S. 131 - 145.

Anm. 9 von S. 191:

Schmer, J.E.: Some Mathematical Considerations of Time-Sharing Scheduling Algorithms, in: Journal of the A.C.M., Jg. 14 (1967), S. 262 - 272.

- 1) Takacs, L.A.: Single-Server Queue with Feedback, in: Bell Systems Techn. Journal, Jg. 42 (1963), H. 2, S. 505 - 519.
- 2) Corbató, F.J., Mervin-Daggett, M., Daley, R.C.: An Experimental Time-Sharing System, in AFIPS, SJCC 1962, S. 335 - 344.
- 3) Adiri, L., Avi-Itzhak, B.: A Time-Sharing Model with Many Queues, in: Operations Research, Jg. 17 (1969), S. 1077 - 1089.
- 4) Schrage, L.: The Queue M/G/1 with Feedback to Lower Priority Queues, in: Management Science, Jg. 13 (1967), H. 7, S. 466 - 474.
- 5) Mullery, A.P., Driscoll, G.C.: A Processor Allocation Method for Time-Sharing, in: Communications of the A.C.M., Jg. 13 (1970), H. 1, S. 10 - 14.

Alle genannten Arbeiten gehen den eingangs erwähnten ersten Weg, nämlich aus verschiedenen zur Verfügung stehenden Alternativen in den Zuteilungen von Bedienungszeit der Service-Stelle für die wartenden Aufträge die bestmögliche Alternative auszuwählen. Dabei ist jedoch nicht sichergestellt, daß die optimale Zuteilungsregel überhaupt bekannt war und mit anderen Zuteilungsregeln verglichen werden konnte. Daher bemüht man sich in einigen, jedoch bisher wenigen Fällen, einen anderen Weg einzuschlagen und eine direkte Optimierungsrechnung durchzuführen. Diesen Problemkreis hat in jüngerer Zeit insbesondere Olivier behandelt.¹⁾ Zu erwähnen sind insbesondere auch Arbeiten von Schrage und Miller.²⁾³⁾

Abschließend sei aus der Vielzahl der Veröffentlichungen über Wartezeit- und Reihenfolgeprobleme bei Datenverarbeitungsprozessen noch auf einige Arbeiten hingewiesen, so von Adiri⁴⁾ und Ivi-Itzhak⁵⁾, von Balachandran⁶⁾,

- 1) O l i v i e r , G.: Optimale Zeit-zuteilung für wartende Rechenaufgaben, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 9 (1967), H. 5, S. 218 - 224.
- 2) S c h r a g e , L.: A Proof of the Optimality of the Shortest Remaining Processing Time Discipline, in: Operations Research, Jg. 16 (1968), S. 687.
- 3) S c h r a g e , L., M i l l e r , L.: The Queue M/G/1 with the Shortest Remaining Processing Time Discipline, in: Operations Research, Jg. 14 (1966), S. 670 - 684.
- 4) A d i r i , I.: Computer Time-Sharing Queues with Priorities, in: Journal of the A.C.M., Jg. 16 (1969), S. 631 - 645.
- 5) A d i r i , I., A v i - I t z h a k , B.: A Time-Sharing Queue, in: Management Science, Jg. 15 (1969), S. 639 - 657.
A d i r i , I., A v i - I t z h a k , B.: A Time-Sharing Queue with a Finite Number of Customers, in: Journal of the A.C.M., Jg. 16 (1969), S. 315 - 323.
- 6) B a l a c h a n d r a n , K.R.: Parametric Priority Rules: An Approach to Optimization in Priority Queues, in: Operations Research, Jg. 18 (1970), S. 526 - 540.

Chang¹⁾, Coffman²⁾, Fife und Rosenberg³⁾, Küspert und Marte⁴⁾, McCarthy⁵⁾, Marte⁶⁾ sowie einigen anderen⁷⁾.

- 1) C h a n g , W.: Queueing Analysis of Real-Time Computer Processing, in: Management Science, Jg. 15 (1969), S. 658 - 671.
C h a n g , W.: Queueing with Nonpreemptive and Preemptive-Resume Priorities, in: Operations Research, Jg. 13 (1965), S. 1020 - 1022.
C h a n g , W.: Single-Server Queueing Processes in Computing Systems, in: IBM Systems Journal, Jg. 9 (1970), H. 1, S. 36 - 71.
C h a n g , W., W o n g , D.J.: Analysis of Real-Time Multiprogramming, in: Journal of the A.C.M., Jg. 12 (1965), S. 581 - 588.
- 2) C o f f m a n , E.G.: Analysis of Two Time-Sharing Algorithms Designed for Limited Swapping, in: Journal of the A.C.M., Jg. 15 (1968), S. 341 - 353.
C o f f m a n , E.G.: Feedback Queueing Models for Time-Shared Systems, in: Journal of the A.C.M., Jg. 15 (1968), S. 549 - 576.
C o f f m a n , E.G., W o o d , R.C.: Interarrival Statistics for Time-Sharing Systems, in: Communications of the A.C.M., Jg. 9 (1966), H. 7, S. 500 - 503.
- 3) F i f e , D.W.: An Optimization Model for Time-Sharing, AFIPS, Proceedings. Spring Joint Computer Conf. 1966, S. 97 - 104.
F i f e , D., R o s e n b e r g , R.: Queueing in a Memory-Shared Computer, in: Proceedings of the A.C.M. 19th National Conf. Philadelphia 1964, S. H1-1 - H1-13.
- 4) K ü s p e r t , H.J., M a r t e , G.: Optimale Rechenzeituteilung bei einem Teilnehmerrechensystem mit jeweils einer Aufgabe im Arbeitsspeicher, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 12 (1970), H. 3, S. 155 - 162.
- 5) M c C a r t h y , J. u.a.: A Time-Sharing Debugging System for a Small Computer, in: AFIPS, SJCC 1963, S. 51 - 57.
- 6) M a r t e , G.: Optimal Time Scheduling for Time-shared Computer Systems with Piecewise Exponential Computing Time Distribution Function, in: A.C.M. Conference May 1970.
- 7) K l e i n r o c k , L.: Sequential Processing Machines (S.P.M.). Analysed with a Queueing Theory Model, in: Journal of the A.C.M., Jg. 13 (1966), S. 179 - 193.
O l i v i e r , G.: Kostenminimale Prioritäten in Wartesystemen vom Typ M/G/1, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 14 (1972), H. 6, S. 262 - 271.
(Forts. d. Anm. auf S. 195)

Zur Erforschung der Wartezeit- und Reihenfolgeprobleme für Datenverarbeitungsanlagen geben nach Mertens private amerikanische Unternehmen jährlich erhebliche Beträge aus. Als Beispiel nennt Mertens die Advanced Research Projects Agency, für die er als Jahresaufwand zur Erforschung des Time-Sharing 13 Millionen Dollar angibt.¹⁾

Reihenfolge- und Wartezeitprobleme sind also nicht nur Aufgabenstellungen der industriellen Produktion, sondern haben auch ähnliche Bedeutung für Datenverarbeitungsanlagen, die insbesondere zur Simultanarbeit und zur Realzeitverarbeitung fähig sind.

Reihenfolge- und Wartezeitprobleme bilden jedoch, wie eingangs gesagt, nur *e i n e n* Aspekt der Sofortverarbeitung, die für gewisse Problemstellungen notwendig ist.²⁾ Sie erfordert, daß die Datenverarbeitungsanlage jederzeit zur Verfügung steht, daß also auch technisch bedingte Ausfallzeiten möglichst gering sind. Andernfalls entstehen Wartezeiten durch technische Mängel der betreffenden Aggregate. Die Forderung nach geringen Ausfallzeiten bzw. nach einer hohen Betriebsbereitschaft führt auf die aus dem industriellen Produktionsprozeß bekannten Probleme der optimalen Instandhaltungsstrategie³⁾ einerseits und der Sicherung der Produktionsqualität andererseits.

(Forts. d. Anm. 7 von S. 194):

S p i e s , P.P.: Rechnerstruktur und Ablaufgeschehen in Rechenanlagen - Analysis und Simulation. Arbeitsberichte des Instituts für mathematische Maschinen und Datenverarbeitung, B 2, N 9, Erlangen 1969.

W a l k e , B., K ü s p e r t , H.-J.: Teilnehmerrechen-systeme: Mittlere Verweilzeiten bei optimaler Rechenzeit-zuteilung, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 13 (1971, H. 5, S. 193 - 199.

1) M e r t e n s , P.: Zur neueren Entwicklung des Time-Sharing, in: BTA, Jg. 9 (1968), H. 11, S. 556 - 567.

2) Vgl. III.3.2.3 und III.3.2.4 dieser Arbeit.

3) Einen Überblick über Instandhaltungstheorien gibt M e r t e n s , P.: Die gegenwärtige Situation der betriebswirtschaftlichen Instandhaltungstheorie, in: ZfB, Jg. 38 (1968), H. 11, S. 803 - 836.

Der Problembereich der Instandhaltungsstrategie gehört auch für Datenverarbeitungsanlagen in die Gruppe der Optimalwertprobleme, da sich auch hier zeigen läßt, daß durch eine zweckmäßige automatisierte Wartungsstrategie gegenläufige Kostentendenzen zu einem Bestwert vereinigt werden können. Zudem zeigt sich an den Problemen der Instandhaltung und auch der Qualitätssicherung beim Herstellungsprozeß eindringlich die enge Bindung des formalen Datenverarbeitungsprozesses an den realtechnischen Datenverarbeitungsprozeß und an seine Grenzen.

IV.4. Probleme der Qualitätssicherung und Instandhaltung von Datenverarbeitungsanlagen

Sämtliches Material, auch das nicht in irgendwelchen Betriebsprozessen verwendete, unterliegt im Verlaufe der Zeit einer natürlichen Alterung und damit einer Veränderung. Das für Betriebsprozesse in technischen Aggregaten verwendete Material ist zudem verschiedenen Beanspruchungen ausgesetzt, die seine Form, seine technischen Eigenschaften und sein Verhalten im Betriebsprozeß in unerwünschter Weise verändern können. In erster Linie aus diesem Grunde müssen viele technische Aggregate im Produktionsprozeß gewartet werden.

Auch das für Datenverarbeitungsanlagen verwendete Material unterliegt gleichartigen Einflüssen¹⁾, und schon aus diesem Grunde ist damit zu rechnen, daß Datenverarbeitungsanlagen im Verlaufe der Zeit durch Alterung oder Verschleiß der verwendeten Materialien zu einem im voraus nicht mit Sicherheit bekannten Zeitpunkt teilweise oder vollständig betriebsunfähig werden.

1) Vgl. Abschn. I.3 dieser Arbeit.

Nun sind jedoch häufig im Betriebsprozeß nicht allein jene Teile einer Datenverarbeitungsanlage besonders stör anfällig, die hohen mechanischen Beanspruchungen oder einer besonderen Erwärmung ausgesetzt sind, sondern von allen auftretenden Störungen findet sich eine Vielzahl an Bauteilen mit lediglich elektronischen Funktionen.¹⁾ Das Auftreten von Fehlern an derartigen Stellen während des Betriebsprozesses, also an Stellen ohne erkennbare Belastung, ist häufig weder mit Hilfe mathematisch-statistischer Methoden vorauszusagen, noch mit Hilfe von anderen Erfahrungswerten abzuschätzen. Hier machen sich Schwachstellen bemerkbar, die u.U. schon während des Produktionsprozesses der betreffenden Bauteile entstanden sind, die jedoch trotz intensiver Qualitätskontrolle nicht vor der Auslieferung der Aggregate entdeckt werden konnten. Treten derartige Schwachstellen im Betriebsgeschehen als Störungen auf, können sie sogar oft von versierten Wartungstechnikern nicht kurzfristig gefunden und behoben werden.

Soweit Datenverarbeitungsanlagen im Betriebsprozeß für reine Abrechnungsaufgaben eingesetzt sind, kann ihr kurz- oder mittelfristiger Stillstand vom Unternehmen häufig noch hingenommen werden, ohne weitgehende Folgewirkungen zu haben. Erfüllen Datenverarbeitungsanlagen jedoch betriebliche Steuerungsaufgaben, ist mit dem Ausfall der Anlage u.U. auch der Stillstand des von der Anlage gesteuerten Unternehmensteiles verbunden. Die daraus resultierenden Schäden können in geeigneten Fällen den Untergang des Unternehmens bedeuten.

1) Nach Erfahrungen des Erfassers aus mehrjähriger Tätigkeit einerseits im Prüffeld (Qualitätskontrolle) von vergleichbaren Geräten, Baugruppen und Bauelementen der Fernmeldeindustrie für den Bereich vergleichbarer höherer Frequenzen, andererseits aus der Zusammenarbeit mit verschiedenen Rechenzentren im Rahmen der Tätigkeit auf dem Gebiet der Systemplanung und Organisation,

Wenn von wissenschaftlicher Seite¹⁾ der verstärkte Einsatz von Datenverarbeitungsanlagen für Steuerungsaufgaben im Unternehmen gefordert wird und besonders in diesen Aufgaben der Hauptnutzen der automatisierten Datenverarbeitung gesehen wird, dann setzt eine solche Forderung eine sehr hohe technische Zuverlässigkeit der betreffenden Aggregate voraus.

Damit werden Datenverarbeitungsanlagen jenen Aggregaten industrieller Produktion vergleichbar, deren Ausfall schwerwiegende Folgewirkungen haben kann, wie beispielsweise der Ausfall von Elektrizitätswerken oder Wasserwerken.

Gegen das zufallsbedingte Zutagetreten von meßtechnisch nicht erfaßbaren Schwachstellen mit u.U. nicht absehbaren Folgewirkungen kann keine noch so ausgefeilte Wartung einen sicheren Schutz darstellen. Ein beispielsweise systematisch vorbeugender Austausch von Baugruppen würde u.U. lediglich den Austausch der einen verdeckten Schwachstelle gegen eine andere bedeuten.

Bei Datenverarbeitungsanlagen versuchen daher die Hersteller durch eine Summe von Maßnahmen, die z.T. über das übliche Maß bekannter Instandhaltungs- oder Wartungsstrategien²⁾ für einfache Aggregate industrieller Produk-

1) G r o c h l a , E.: Die Gestaltung allgemeingültiger Anwendungsmodelle ..., a.a.O., S. 49.

2) Die Theorie hat auf dem Gebiete der Instandhaltungs- und Wartungsstrategien verschiedene Modelle entwickelt, die deswegen von besonderer Bedeutung sind, weil die Anlagenintensität der Industrie schlechthin laufend zunimmt. Vgl. dazu
B u s s m a n n , K.F., K i t t e l , H., K r e s s , H., K u h n , M. und M e r t e n s , P.: Instandhaltungsplanung, -steuerung und Kontrolle, in: Agthe, K., Blohm, H. und Schnauffer, H. (Hrsg.): Industrielle Produktion, Baden-Baden - Bad Homburg 1967, S. 479 ff.
T u r b a n , E.: The Use of Mathematical Models in Plant Maintenance Decision Making, Management Science, Jg. 13 (1967), S. B-342 ff.
M o r s e , P.: Queues, Inventories and Maintenance, New York 1958.
(Forts. d. Anm. auf S. 199)

tion hinausgehen, die Betriebssicherheit ihrer Aggregate sicherzustellen.

Die erste Gruppe von Maßnahmen läßt sich durch den Oberbegriff "Fehlerverhütung" kennzeichnen. Bekannt wurden derartige Maßnahmen als betriebspolitische Programme verschiedener Firmen in Nordamerika unter der Bezeichnung "Zero Defect"¹⁾, und haben inzwischen bei Großfirmen mit internationaler Verbreitung weltweite Bedeutung erlangt.

Die zweite Gruppe von Maßnahmen betrifft die sog. Qualitätskontrolle während des Produktionsprozesses oder am Ende der einzelnen Fertigungsstufe. Hier greifen die verschiedenen Methoden der statistischen Qualitätskontrolle Platz, um einerseits eventuell entstandene Fehler mit Sicherheit zu finden, andererseits diese Arbeiten mit möglichst geringen Kosten zu verrichten.²⁾

(Forts. d. Anm. 2 von S. 198):

H o s f o r d , J.E.: Measures of Dependability, in: Operations Research, Jg. 8 (1960), S. 53.

C o l e m a n , J.J., A b r a m s , I.J.: Mathematical Model for Operational Readiness, in: Operations Research, Jg. 10 (1962), S. 126 ff.

- 1) Bei diesen Programmen zur Qualitätssicherung geht es in erster Linie um die Motivation der Mitarbeiter, ihren Ehrgeiz in fehlerfreie Arbeit zu setzen, und um das Aufspüren und Beseitigen von Fehlerquellen im betrieblichen Ablauf. Vgl. dazu

A n d r e a s , D.: Zero Defect - Grundzüge des neuen Null-Fehler-Programms, 2. Aufl., München 1969.

A n d r e a s , D.: Zero Defect, Stichwort, in: Management Enzyklopädie, Bd. 6, München 1972, S. 770 - 775.
C r o s b y , Ph.H.: Qualität kostet weniger, 2. Aufl., Hof und Lenbach 1972. Aus dem Amerikanischen übertragen von A. Holz.

H a g a n , J.Th.: A Management Role for Quality Control. American Management Association (Hrsg.), New York 1968.

- 2) Hier sei lediglich eine kleine Auswahl der umfangreichen Fachliteratur angeführt. Mehrere dieser Werke berücksichtigen nicht nur den Kontrollaspekt, sondern die gesamte Breite des Qualitätssicherungswesens mit ihren Fehlerverhütungsmaßnahmen, so beispielsweise u.a. Feigenbaum.

A m e r i c a n S t a n d a r d s A s s o c i a t i o n (Hrsg.): Control Chart Method of Controlling Quality During Production, 1942;

(Forts. d. Anm. auf S. 200)

Die dritte Gruppe von Maßnahmen gilt der Wartung von Datenverarbeitungsanlagen, die im Einsatz beim Kunden sind, und der Beseitigung auftretender Fehler. Zu dieser dritten Gruppe von Maßnahmen gehört bei Großanlagen einerseits die redundante Ausstattung der Aggregate mit gewissen wichtigen Bausteinen oder Moduln¹⁾ und andererseits eine Selbstprüfung der Anlage mit Hilfe eines Überwachungs- oder Wartungsprogramms, das in geeigneten Fällen für das Abschalten defekter Module sorgt.²⁾ Damit hat das aus der industriellen Produktion bekannte Prinzip,

(Forts. d. Anm. 2 von S. 199):

American Society for Testing Materials (Hrsg.): Quality Control of Materials, 1951;
Strauch, H.: Statistische Güteüberwachung, München 1956;
Feigenbaum, A.V.: Total Quality Control Engineering and Management, New York 1961;
Schaafsma, A.H., Willemze, C.F.G.: Moderne Qualitätskontrolle, Philips technische Bibliothek, 1961;
Juran, J.M.: Quality Control Handbook, 2. Aufl., New York 1962;
Schindowski, E., Schürz, O.: Statistische Qualitätskontrolle, Berlin 1965;
Uhlmann, W.: Statistische Qualitätskontrolle, Stuttgart 1965;
Zeller, H.: Methodische Qualitätssteuerung in der Fertigung, in: Zeitschrift für Feinwerktechnik, Jg. 70 (1966);
Nebel, C. (Hrsg.): Statistische Qualitätskontrolle - Das Handbuch der Western Electric Comp. für den Praktiker. Autorisierte deutsche Übersetzung durch Mitarbeiter der Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart 1969;
Juran, J.M.: Quality Planning and Analysis, New York 1971.

- 1) Schneider, C.: Datenverarbeitungs-Lexikon, a.a.O., Stichwort Modul: Baustein, austauschbares Schaltkreiselement, eine auf kleine Keramikplättchen (etwa 7,6 mm mal 7,9 mm mal 0,25 mm) aufgebrachte integrierte Schaltung, bei der die passiven Bauelemente die Widerstände aufgedruckt, die aktiven wie Transistoren eingelötet werden. - Die jüngste Entwicklung führt jedoch noch zu wesentlich kleineren Baueinheiten.
- 2) Vgl. dazu beispielsweise
Görke, W., Proust, J.-L.: Redundante Schaltungen mit Ausfallanzeige und Reparatur, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 9 (1967), S. 123 - 128.

menschliche Impulse auf das technische Aggregat zu übertragen, im Bereich der realtechnischen Datenverarbeitungsprozesse einen besonderen Niederschlag gefunden. Nur mit Hilfe dieses Prinzips läßt sich für Großrechenanlagen der automatisierten Datenverarbeitung die notwendige hohe Betriebsbereitschaft sichern.

Die hiermit eingeleitete Entwicklung baut zu einem grossen Teil auf Vorarbeiten von J. v. Neumann¹⁾ sowie Moore und Shannon²⁾ auf und hat in der Folgezeit einen breiten Niederschlag in der Fachliteratur gefunden.³⁾

- 1) N e u m a n n , J.v.: Probabilistic Logics and the Synthesis of Reliable Organisms from unreliable Components, in: Automata Studies Nr. 34 (1956), S. 43 - 49. Princeton University Press.
- 2) M o o r e , E.F., S h a n n o n , C.E.: Reliable Circuits Using Less Reliable Relays, in: Journal of the Franklin Institute 262 (1956), S. 191 - 208 und 281 - 297.
- 3) W i l c o x , R.H., M a n n , W.C. (Hrsg.): Redundancy Techniques for Computing Systems. Spartan Books, Washington, D.C. 1962 (mit Bibliographie).
T e o s t e , R.: Digital Circuit Redundancy. IEEE Transactions on Reliability, R-13 (1964), S. 42 - 61.
K ä m m e r e r , W.: Zur Struktur selbstkorrigierender Automaten, in: Messen, Steuern, Regeln, Jg. 10 (1967), H. 1, S. 5 - 13.
K ä m m e r e r , W.: Zur Konstruktion selbstkorrigierender Automaten, in: Elektronische Informationsverarbeitung und Kybernetik, Jg. 2 (1966), S. 165 - 175.
B e i s t e r , J., G ö r k e , W.: Ausfallsicherung bei sequentiellen Schaltungen, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 10 (1968), H. 3, S. 123 - 130.
L a m p e , B.: Fehlerdiagnose in speicherprogrammierten modularen Systemen, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 12 (1970), H. 3, S. 150 - 154.
C a l h o u n , R.C.: Diagnostics at the Microprogramming Level. 1969, IEEE International Convention Digest. Modern Data, Mai 1969, S. 58 - 60.
M a r l e t t , R.A.: On the Design and Testing of Self Diagnosable Computers. Digest of the First Annual IEEE Computer Conference, September 6-8, 1967, S. 14 - 16.
L a m p e , B.: Hilfen zur automatischen Fehlerdiagnose in einem modular aufgebauten Multiprozessorsystem, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 14 (1972), H. 6, S. 271 - 273.
(Forts. d. Anm. auf S. 202)

Eine derartige automatisierte Selbstüberwachung sichert nicht nur in hohem Maße für den Betriebsprozeß ein störungsfreies Arbeiten, sondern hilft auch dem Wartungstechniker fehlerhafte Bauelemente oder Moduln schnell zu finden. Trotz des hohen Automatisierungsgrades der Fehlererkennung wird es jedoch in der Praxis auch unter günstigen Voraussetzungen kaum möglich sein, alle Fehler mit einer automatisierten Diagnose zu erfassen.¹⁾ Wie hoch der Prozentsatz der erfaßten Fehler ist, hängt von der Struktur des datenverarbeitenden Systems und seiner Moduln, aber auch von dem Aufwand ab, den man für die realtechnische Ausstattung der Aggregate mit redundanten Moduln und für die gesamte programmtechnische Vorbereitung zu treiben bereit ist.

Je größer und kostspieliger ein datenverarbeitendes System ist und je mehr es für Probleme eingesetzt wird, die Unternehmensabläufe steuern und eine Sofortverarbeitung erfordern, umso eher wird man geneigt sein, den Aufwand für eine automatische Selbstüberwachung zu erhöhen. Hier stehen Kosten für das Erhalten der Betriebsbereitschaft und Betriebssicherheit der Anlage gegen Kosten im Unternehmen durch Ausfall der Anlage. Beide Kostengrößen sollten zu einem Bestwert vereinigt werden, falls es gelingt, die durch Ausfälle bedingten Kosten zu ermitteln oder abzuschätzen.²⁾

(Forts. d. Anm. 3 von S. 201):

S c h n e e w e i ß , W.: Verfügbarkeit und mittlere Betriebsdauer redundanter Systeme bei zufälliger Wartung der Untersysteme, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 14 (1972), H. 6, S. 254 - 258.

- 1) L a m p e , B.: Zuverlässigkeit modularer Systeme mit automatischer Fehlerdiagnose, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 13 (1971), H. 5, S. 200 - 205, hier S. 200.
- 2) Die angestrebte hohe Sicherheit wird verständlich, wenn man beispielsweise den Einsatz von Großanlagen für die automatisierte Platzbuchung bei Fluggesellschaften betrachtet. Der Ausfall der Anlage kann den (Forts. d. Anm. auf S. 203)

Neben der automatisierten Überwachung und Fehlerdiagnose in den Großanlagen stehen generell Techniker der Herstellfirmen zur Anlagenwartung und -reparatur bereit. Die Kosten dieser Techniker gehen ebenfalls in die Bestwertfindung ein, insbesondere wenn Fehler bei Großanlagen u.U. erhebliche Suchzeiten der Techniker, um den Fehler zu finden, zur Folge haben.¹⁾

Auch im industriellen Produktionsprozeß wird aus gleichen Kostengründen eine besonders sorgfältige Wartung komplizierter, hochleistungsfähiger Produktionsaggregate angestrebt, während weniger empfindliche oder geringwertigere Aggregate weniger vorbeugenden Wartungsaufwand erfordern.²⁾

Unabhängig davon, ob Leerkapazitäten von Datenverarbeitungsanlagen durch technisch bedingte Störungen, also durch Ausfall von Aggregaten entstehen oder ob mangelnde Einsatzmöglichkeiten gegeben sind, interessiert sich das verantwortliche Management für die Nutzung des vorhandenen Leistungsvermögens. Anknüpfend an den Ausgangspunkt der Untersuchung, Kennzahlen für die Auslastung von Datenverarbeitungsanlagen zu entwickeln, soll folgend ein an REFA-Begriffe angelehntes Kennzahlensystem zur Auslastungsmessung dargelegt werden, das vorzugsweise für kleinere oder mittlere Datenverarbeitungsanlagen angewendet werden kann und das zu seiner Datenermittlung nur ei-

(Forts. d. Anm. 2 von S. 202):
völligen Zusammenbruch des Verkaufs für bestimmte Termine bedeuten. Während der Flugplan eingehalten werden kann, bleiben die Plätze unbesetzt, d.h. bei fortlaufenden Kosten fehlen die Erlöse.

- 1) Für kleinere Datenverarbeitungsanlagen wird aus den gleichen Kostengründen eine rein vom Menschen ausgeführte Wartung vorgezogen.
- 2) Hier muß jedoch nicht unbedingt ein direkter Zusammenhang zwischen den Investitionsausgaben und den Wartungs- und Reparaturkosten bestehen. Vgl. dazu Stewart, H.V.M.: Organisation des Reparatur- und Instandhaltungsbetriebes, München 1965, S. 120. Mellero w i c z, K.: Betriebswirtschaftslehre der Industrie, a.a.O., Bd. I, S. 160 ff.

nen relativ geringen Aufwand erfordert. Bedingung hierbei ist lediglich, daß die Anlage nicht im Realzeitbetrieb eingesetzt ist oder mehrere Prozesse simultan verarbeitet.

V. KENNZAHLEN FÜR DIE TECHNISCHE NUTZUNG VON DATENVERARBEITUNGSANLAGEN OHNE SIMULTANE PROZESSVERARBEITUNG

Während Datenverarbeitungsanlagen, die über ein geeignetes Betriebssystem verfügen und die dadurch zur simultanen Ausführung mehrerer Prozesse fähig sind, über den zeitlichen Einsatz ihrer Aggregate Protokoll führen und daraus eine beliebige Anzahl verschiedener Kennzahlen selbst ermitteln können, sind kleinere Anlagen wegen des fehlenden Betriebssystems nicht zu einer derartigen Selbstüberwachung fähig.¹⁾ Für derartige Anlagen ist die Nutzungsdauer und -struktur in Bezug auf die jeweils eingesetzten Aggregate prozeß- und periodenweise vom Bedienungspersonal selbst zu ermitteln. Speziell für diese Datenverarbeitungsanlagen sollen hier Kennzahlen dargelegt werden, die den in der Einführung gestellten Forderungen entsprechen.

Wendet man den Blick zum industriellen Produktionsprozeß, findet man u.a. in der Praxis häufig verwendete Kennzahlen des REFA²⁾ zur Messung des menschlichen und maschinellen Einsatzes, die im wesentlichen die gestellten Forderungen erfüllen. Verschiedene dieser Kennzahlen lassen sich auch auf Datenverarbeitungsanlagen anwenden. Keine dieser Kennzahlen berücksichtigt jedoch die Eigenschaft von Datenverarbeitungsanlagen und ihren Prozessen, daß diese zwar immer bei ihrer Arbeitsausführung die Zentral-

- 1) Aus der Sicht industrieller Produktionsprozesse ist eine automatische Überwachung von Produktionsaggregaten in Bezug auf ihre Lauf- und Stillstandszeiten kein Novum. Hier werden auf dem Markt seit vielen Jahren fertige Meß- und Überwachungsaggregate angeboten. Vgl. dazu beispielsweise auch
R E F A (Hrsg.): Methodenlehre ..., Teil 2, a.a.O., S. 285 - 296.
- 2) Im Anhang zu dieser Arbeit wird eine gekürzte Übersicht über die wichtigsten Kennzahlen dieser Art des REFA gegeben.

einheit benötigen, von den übrigen Aggregaten jedoch in sehr unterschiedlichem Maße Gebrauch machen können.

Während der eine Prozeß beispielsweise die Zentraleinheit, einen Lochkartenleser, vier Magnetband-, zwei Magnetplatten- und zwei Schnelldruckaggregate benötigt, erfordert ein anderer Prozeß lediglich neben der Zentraleinheit ein Magnetplatten- und ein Schnelldruckaggregat. Eine wechselnde Belegungsstruktur von gewissen zusammengehörigen Aggregaten einer industriellen Produktionsanlage ist auch aus dem Bereich der industriellen Produktion bekannt, hat aber wohl dort nicht immer eine derartige Bedeutung wie häufig bei Datenverarbeitungsanlagen.¹⁾ Es ist dort auch denkbar, daß insbesondere in der Fertigungstechnik²⁾ die Belegung eines gleichsam zentralen Aggregates nicht automatisch zur Blockierung anderer Aggregate für deren Nutzung durch andere Prozesse führt.

Als weiterer Gesichtspunkt ist zu berücksichtigen, daß zwar auf industriellen Produktionsaggregaten auch Musterfertigungen als Testarbeiten durchgeführt werden können, die zeitliche Belegung der betreffenden Aggregate für diese Arbeiten jedoch relativ gering bleiben dürfte.³⁾

1) Vgl. hierzu beispielsweise einen Revolver-Drehautomaten, der mit verschiedenen Zusatzaggregaten ausgestattet werden kann, wie u.a. mit einer sog. schwingenden Langdreheinrichtung, einer Schlitzeinrichtung mit Greifarm (ohne eigene Antriebseinrichtung), einer Mutterngewindeschneideinrichtung, einer Antriebseinrichtung für Schlitz-, Mutterngewindeschneid- und Querbohreleinrichtung. Vgl. dazu das Beispiel im Abschnitt VI.8.2, Zahlenbeispiele.

2) Vgl. S. 127, Anm. 3.

3) Häufig wird bei der Produktion mit numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen das erste Produkt bereits ein brauchbares Erzeugnis sein. Wenn auch bei der Erstfertigung der Maschineneinsteller und der Programmierer selbst mitwirken werden und das Programm abschnittsweise ablaufen lassen. In der Regel sollte auch ein neues Programm für numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen nach der Erstellung durch den Programmierer von einem (Forts. d. Anm. auf S. 207)

Die relativ geringe Bedeutung dieser beiden Umstände im industriellen Produktionsprozeß dürfte auch der Grund gewesen sein, warum keine speziellen Kennzahlen für den Umfang der Testarbeiten und für die Kennzeichnung der Belegungsstruktur bisher entwickelt wurden. Es bleibt dem einzelnen Unternehmen überlassen, sich eigene Kennzahlen bei entsprechendem Bedarf zu bilden.

Bei Datenverarbeitungsanlagen haben die beiden genannten Umstände häufig erhebliche Bedeutung. Aus diesem Grunde sollen beide in Kennzahlen ihren Niederschlag finden.

Die Kennzahlen gliedern sich in solche, die sich speziell auf die Zentraleinheit beziehen, und solche, die die gesamte Grobstruktur¹⁾ der Datenverarbeitungsanlage berücksichtigen.

V.1. Nutzungskennzahlen der Zentraleinheit

Betrachtet sei die Datenverarbeitungsanlage als eine Einheit, die als belegt bzw. als genutzt gilt, wenn die Zentraleinheit durch einen Prozeß in Anspruch genommen wird. Der Einsatz der einzelnen peripheren Aggregate für den

(Forts. d. Anm. 3 von S. 206):

zweiten Fachmann überprüft werden, um Testarbeiten mit Ausschuß zu vermeiden. Vgl. dazu

M i t t h o f , F.: Numerisch gesteuerte Fertigung, a.a.O., S. 88 f.

Auch bei der Entwicklung getufteter textiler Bodenbeläge werden Testmuster hergestellt. Hier wird jedoch häufig so vorgegangen, daß im Labor auf speziellen Tuftmaschinen mit geringer Breite von 1,0 m anstelle von 4,0 oder 5,0 m die Musterstücke gefertigt werden. Wird dann auf der Produktionsmaschine von 4,0 oder 5,0 m Breite eine Nullserie gefertigt, ist diese in der Regel bereits verkaufsfertige Ware. Somit sind Test- und Versuchsarbeiten bei diesen Produktionsaggregaten nicht von Bedeutung.

1) Zum Begriff der Grobstruktur vgl. II.2., S.51.

betreffenden Prozeß interessiert hierbei nicht. Zur Kennzeichnung dieser Nutzung sei dem auf das Betriebsmittel bezogenen Begriff des Gesamtnutzungsgrades gemäß der REFA-

Definition der Vorzug gegeben.¹⁾ Hierbei ist unter Gesamtnutzungsgrad das Verhältnis aller Hauptnutzungs-, Nebennutzungs- und Unterbrechungszeiten²⁾ zur theoretischen Einsatzzeit innerhalb einer Periode zu verstehen.³⁾

Es seien:

GN = Gesamtnutzungsgrad⁴⁾

$t_{aA/i}$ = Betriebsmittel-Ausführungszeit⁵⁾ für Prozeß i.

T_{th} = Theoretische Einsatzzeit innerhalb einer Periode.⁶⁾

Dann ergibt sich in symbolischer Schreibweise unter Berücksichtigung sämtlicher Prozesse i einer Periode:

$$(34.1) \quad GN = \frac{\sum_i t_{aA/i}}{T_{th}}$$

1) R E F A (Hrsg.): Methodenlehre ..., Teil 2, a.a.O., S. 433, und Teil 3, S. 162 f.

2) R E F A (Hrsg.): Methodenlehre ..., Teil 2, a.a.O., S. 48 f.

3) Muß die Zentraleinheit im Ablauf eines Prozesses auf die Ausführung von Funktionen verschiedener peripherer Aggregate warten, also ihre Arbeit unterbrechen, ist dies aus der Sicht der Zentraleinheit ablaufbedingtes Warten. Aus der Sicht der Gesamtanlage kann derselbe Zeitabschnitt Haupt- oder Nebennutzung darstellen. Welche Sicht man auch wählt, der Wert für den Gesamtnutzungsgrad bleibt davon unbeeinflusst.

4) Die Kurzbezeichnung GN ist von REFA nicht festgelegt und hier frei gewählt.

5) Vgl. S. 48, Anm. 1, und S. 71, Anm. 3.
Vgl. R E F A (Hrsg.): Methodenlehre ..., Teil 2, S. 48 f.

6) Die Kurzbezeichnung ist von REFA nicht festgelegt und hier frei gewählt.

Als zweite Kennzahl ist der Rüstzeitgrad¹⁾ für Datenverarbeitungsanlagen von Interesse, den Katzsch²⁾ als Rüstzeitanteil bei der Analyse von Auslastungssituationen in Rechenzentren verwendet. Der Rüstzeitgrad RG ist das Verhältnis der Summe aller Rüstzeiten ($\sum t_{rA/i}$) zur Summe aller Rüst- und Ausführungszeiten ($\sum [t_{rA/i} + t_{aA}]$). In symbolischer Schreibweise:

$$(35.1) \quad RG = \frac{\sum t_{rA/i}}{\sum [t_{rA} + t_{aA/i}]}$$

Diese beiden Kennzahlen erfassen für Datenverarbeitungsanlagen zwei wesentliche Tatbestände nicht. Einerseits werden Datenverarbeitungsanlagen häufig zu einem relativ hohen Prozentsatz mit Testarbeiten³⁾ belegt, die zwar notwendig, jedoch nicht der Zweck des Einsatzes von Datenverarbeitungsanlagen sind, andererseits bestehen Datenverarbeitungsanlagen fast immer aus einer Mehrzahl peripherer Aggregate, die fallweise unterschiedlich eingesetzt werden. Ein sehr hoher Gesamtnutzungsgrad, bei dem jeweils nur wenige periphere Aggregate eingesetzt sind, ist u.U. wesentlich ungünstiger zu beurteilen als ein geringerer Gesamtnutzungsgrad, bei dem jeweils alle peripheren Aggregate im Einsatz sind. Die Kenntnis der Nutzungsstruktur in Bezug auf die einzelnen Aggregate führt u.U. zur Umstrukturierung der Anlage und damit zu Kostenreduktionen. Es dürfte angemessen und sogar notwendig sein, diese zwei Tatbestände mit Kennzahlen zu erfassen.

1) Vgl. R E F A (Hrsg.): Methodenlehre ..., Teil 2, a.a.O., S. 433. Der Rüstzeitgrad ist zwar von REFA auf den arbeitenden Menschen bezogen, soll hier jedoch auf das Betriebsmittel angewendet werden.

2) Vgl. K a t z s c h , R.: Maschinenzeitplanung ..., a.a.O., S. 152 f.

3) Testarbeiten können fallweise eine Größenordnung von bis zu 50 % der gesamten Nutzung erreichen.

Sollen die Testzeiten in den Kennzahlen berücksichtigt werden, muß man sie mit einer eigenen Kennzahl, beispielsweise als Testgrad TG, ausweisen:

Es sei:

TG = Testgrad

$t_{bA/t}$ = Gesamte Belegungszeit für Testarbeiten

Dann gelte:

$$(36.1) \quad TG = \frac{\sum_i t_{bA/t/i}}{T_{th}}$$

V.2. Prozeß- und periodenbezogene Belegungsgrade der Grobstruktur des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen

Soll die Belegungsstruktur in Bezug auf die verschiedenen peripheren Aggregate einer Datenverarbeitungsanlage von den Kennzahlen erfaßt werden, läßt sich das u.a. mit Hilfe der Gliederung der Kosten für diese Aggregate in Nutz-¹⁾ und Leerkosten²⁾ erreichen.

Ist M_{ges} die gesamte Grundmiete³⁾ einer Datenverarbeitungsanlage für eine Monatsschicht, ist M_b die Grundmie-

1) Den Begriff der Nutzkosten als Gegensatz zum Begriff der Leerkosten vgl.

G u t e n b e r g , E.: Grundlagen ..., Bd. 1: Die Produktion, a.a.O., S. 335 f und 362 f.

2) Zum Begriff der Leerkosten, den Bredt einführte, vgl. B r e d t , O.: Der endgültige Ansatz der Planung (II), in: Technik und Wirtschaft, Bd. 32 (1939), S. 261.

3) Zur Definition der Grundmiete vgl. S. 53 , Anm. 2) . Bei gekauften Anlagen läßt sich anstelle der Miete der Kaufpreis verwenden.

te für alle durch einen bestimmten Prozeß belegten Aggregate und ist M_v die Grundmiete für alle durch diesen Prozeß nicht belegten Aggregate, also für partielle Belegungsverluste, so gilt:

$$(37.1) \quad M_{\text{ges}} = M_b + M_v$$

Unter Vernachlässigung der Intensitätsverluste repräsentiert M_b ein Maß für die Nutzkosten der belegten und M_v ¹⁾ ein Maß für die Leerkosten der nicht belegten Aggregate, wobei für die einzelnen Prozesse die Aufteilung in belegte und nicht belegte Aggregate verschieden sein kann.

Als Prozeß sei hier definiert die Durchführung eines Programmes oder eines Programmabschnitts, für das bzw. für den eine gewisse Gruppe von Aggregaten belegt ist. Wechselt die Gruppe von Aggregaten, beginnt nach dieser Definition ein neuer Prozeß.

Soll die gemäß (37.1) genannte Aufteilung über einen längeren Zeitraum T ermittelt werden, sind zudem die von Prozeß zu Prozeß unterschiedlichen Belegungszeiten t_i während des betrachteten Zeitraumes zu berücksichtigen.

Nun wird häufig das Rechnen mit relativen Werten dem Rechnen mit absoluten Werten vorgezogen, was auch an dieser Stelle zur Kennzahlenbildung geschehen soll. Als Bezugsbasis zur Bildung relativer Werte seien gewählt die monatliche Gesamtmiete M_{ges} und die Gesamtzeit der Periode T . Für die Prozesse i bis n während der Periode T ergibt sich somit:

1) Hierbei ist jedoch anzumerken, daß zwischen den Kosten und dem dafür zur Verfügung stehenden Leistungsvermögen nicht eindeutige Proportionalität bestehen muß. Die Mietpreise der einzelnen Anlagen und ihrer Aggregate werden von den Herstellern in erster Linie nach absatzpolitischen Gesichtspunkten gebildet. Dafür bietet die durch die technischen Probleme erschwerte Markttransparenz auch genügend Gelegenheit. Vgl. dazu B l a u, H.: Einflüsse der Preisstruktur ..., a.a.O., S. 551.

$$(38.1) \quad \frac{M_{ges}}{M_{ges}} \cdot \frac{t_1}{T} = \left(\frac{M_{b1}}{M_{ges}} + \frac{M_{v1}}{M_{ges}} \right) \cdot \frac{t_1}{T}$$

$$\frac{M_{ges}}{M_{ges}} \cdot \frac{t_2}{T} = \left(\frac{M_{b2}}{M_{ges}} + \frac{M_{v2}}{M_{ges}} \right) \cdot \frac{t_2}{T}$$

.....
.....

$$\frac{M_{ges}}{M_{ges}} \cdot \frac{t_n}{T} = \left(\frac{M_{bn}}{M_{ges}} + \frac{M_{vn}}{M_{ges}} \right) \cdot \frac{t_n}{T}$$

Der Wert in der Klammer des oben dargestellten Ausdrucks ist immer + 1. Die Relation M_b/M_{ges} ist ein Maß für den Belegungsgrad der Datenverarbeitungsanlage, während die Relation M_v/M_{ges} ein Maß für den Belegungsverlustgrad darstellt. Belegungsgrad und Belegungsverlustgrad sind zueinander komplementär.

Als Gesamtzeit oder Basiszeit läßt sich auch anstelle der Betriebsmittel-Ausführungszeit der Periode die des einzelnen Prozesses verwenden. Für den Prozeß 1 wird der Ausdruck t_1/T dann zu $t_1/t_1 = 1$ usw. Man kann daher, je nach Wahl des Zeitwertes für die Basis, unterscheiden zwischen periodenbezogener und prozeßbezogener Betrachtungsweise, was bei den folgenden Kennzahlen berücksichtigt wird. Dabei sind prozeßbezogene Zeiten mit t und periodenbezogene Zeiten mit T dargestellt.

Weil Belegungsgrad und Belegungsverlustgrad sich zueinander komplementär verhalten, genügt es, nur einen der beiden Werte zu ermitteln, auf den sich das folgende Kennzahlensystem beschränkt. Die Wahl fiel auf die Darstellung des Belegungsgrades.

Der prozeßbezogene vollständige oder innere Belegungsgrad

Der prozeßbezogene vollständige oder innere Belegungsgrad i soll, auf einen bestimmten Prozeß und dessen Betriebsmittel-Ausführungszeit der Anlage bezogen, die Belegungsstruktur der Datenverarbeitungsanlage kennzeichnen.

Es sei bezeichnet:

- i = der prozeßbezogene vollständige oder innere Belegungsgrad,
- t_{ak} = die Betriebsmittel-Ausführungszeit des Aggregates k ,
- t_{aZ} = die Betriebsmittel-Ausführungszeit der Zentraleinheit Z ,
- M_k = die Grundmiete für eine Monatsschicht des Aggregates k ,
- M_Z = die Grundmiete für eine Monatsschicht der Zentraleinheit Z ,
- M_{ges} = die Grundmiete für eine Monatsschicht der gesamten Datenverarbeitungsanlage.

Dann gilt als prozeßbezogener vollständiger oder innerer Belegungsgrad

$$(39.1) \quad i = \frac{\sum_k (M_k \cdot t_{ak}) + M_Z \cdot t_{aZ}}{M_{ges} \cdot t_{aZ}}$$

Das Komplement zum prozeßbezogenen inneren Belegungsgrad ist der prozeßbezogene innere Belegungsverlustgrad. i kann im Maximalfall den Wert + 1 annehmen, jedoch niemals zu 0 werden, da für einen Prozeß mindestens die Belegung der Zentraleinheit notwendig ist. Damit ist dem Wert i eine technisch bedingte Untergrenze gegeben. Diese Untergrenze sei bezeichnet mit i_{min} . Sie ist bestimmt durch die Struktur der Datenverarbeitungsanlage, also eine Anlagenkennzahl und somit unabhängig von den von der

Anlage ausgeführten Prozessen. Der minimale innere Belegungsgrad läßt sich aus der Gl. (39.1) ermitteln. Setzt man, mit Ausnahme von t_{aZ} , alle $t_{ak} = 0$, dann werden alle $M_k \cdot t_{ak} = 0$, und es gilt:

$$(40.1) \quad i_{\min} = \frac{M_Z}{M_{\text{ges}}}$$

Das Komplement des minimalen inneren Belegungsgrades ist der maximale vollständige innere Belegungsverlustgrad, hier mit $v_{\max}$ bezeichnet. Es gilt für jede Datenverarbeitungsanlage:

$$(41.1) \quad i_{\min} + v_{\max} = 1$$

Der periodenbezogene vollständige oder innere Belegungsgrad

Der periodenbezogene vollständige oder innere Belegungsgrad I unterscheidet sich vom prozeßbezogenen inneren Belegungsgrad lediglich dadurch, daß seine Zeitwerte T auf eine Periode bezogen sind und nicht auf einen einzelnen Prozeß.

Es gilt:

$$(42.1) \quad I = \frac{\sum_k (M_k \cdot T_{ak}) + M_Z \cdot T_{aZ}}{M_{\text{ges}} \cdot T_{aZ}}$$

Sämtliche Zeitwerte können Zählerwerte der Aggregatezähler sein, die sich für eine beliebige Periode, z.B. für einen Monat, ablesen lassen.

Das Komplement zum periodenbezogenen inneren Belegungsgrad ist der periodenbezogene innere Belegungsverlustgrad.

Der prozeßbezogene äußere Belegungsgrad

Die technisch bedingte untere Grenze des inneren Belegungsgrades $i_{\min}$ ist - wie bereits erklärt - von der Struktur der Datenverarbeitungsanlage abhängig. Je höher diese Grenze liegt, umso geringer ist der Spielraum, der dem Programmierer für die Wahl der Belegung zur Verfügung steht.

Verlangt man von den Kennzahlen des Belegungsgrades, daß sie sichtbar machen sollen, wie die Programmierer partielle Belegungsverluste durch entsprechende Programmierung vermeiden, muß der Einfluß des Wertes $i_{\min}$ aus den Kennzahlen eliminiert werden.

Wird von dem Belegungsspielraum nichts ausgenutzt, soll das mit dem Wert 0, wird jedoch der Spielraum zu 100 % ausgenutzt, mit dem Wert + 1 angezeigt werden. Da diese weitere Kennzahl nur den Spielraum der Belegung peripherer Aggregate betrifft, sei sie als äußerer Belegungsgrad a , wenn prozeßbezogen, und A , wenn periodenbezogen, bezeichnet.

Hat man den inneren Belegungsgrad einer Anlage bestimmt und kennt man den Wert $i_{\min}$, kann man durch graphische oder rechnerische Methoden den äußeren Belegungsgrad ableiten.

Die graphische Ableitung:

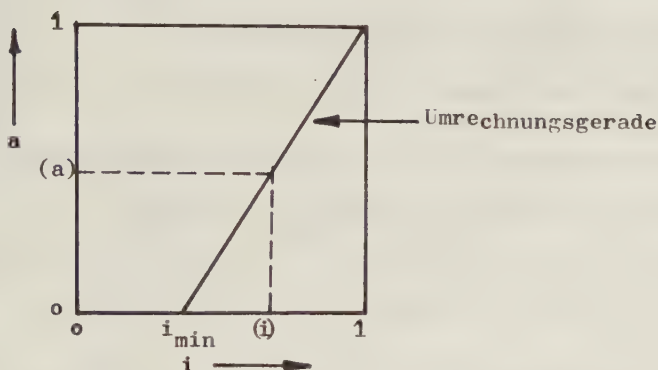


Abb. V/1: Graphische Ableitung des äußeren Belegungsgrades aus dem inneren Belegungsgrad

In der Abbildung ist auf der Abszisse die Skala für den inneren Belegungsgrad und auf der Ordinate die für den äußeren Belegungsgrad abgetragen. Der obere Endpunkt der eingezeichneten Umrechnungsgeraden liegt, unabhängig von der Anlagenstruktur, bei $i = + 1$ und $a = + 1$, der untere Endpunkt hat die Koordinaten $i = i_{\min}$ und $a = 0$.

Die rechnerische Ableitung:

Die rechnerische Ableitung läßt sich mit Hilfe des Strahlensatzes aus der graphischen Darstellung ablesen.

$$(43.1) \quad \frac{a}{1} = \frac{i - i_{\min}}{1 - i_{\min}} = \frac{i}{1 - i_{\min}} - \frac{i_{\min}}{1 - i_{\min}}$$

Nach Umformung mit Hilfe von (39.1) ergibt sich:

$$(43.2) \quad a = \frac{\sum_k M_k \cdot t_{ak}}{\sum_k M_k \cdot t_{aZ}}$$

Das komplement zum prozeßbezogenen äußeren Belegungsgrad ist der prozeßbezogene äußere Belegungsverlustgrad.

Der periodenbezogene äußere Belegungsgrad

Für den periodenbezogenen äußeren Belegungsgrad gilt analog zum prozeßbezogenen

$$(44.1) \quad A = \frac{I - i_{\min}}{1 - i_{\min}} = \frac{I}{1 - i_{\min}} - \frac{i_{\min}}{1 - i_{\min}}$$

Nach entsprechender Umformung ergibt sich analog zu (43.2):

$$(44.2) \quad A = \frac{\sum_k M_k \cdot T_{ak}}{\sum_k M_k \cdot T_{aZ}}$$

Das Komplement ist der periodenbezogene äußere Belegungsverlustgrad.

In Tafel Nr. 4 ist eine graphische Darstellung der Kennzahlen i und a bzw. I und A gegeben. Beiden Abbildungen liegen gleiche Zahlen zugrunde. Auf den Abszissen sind die Grundmieten für die einzelnen Aggregate einer Anlage abgetragen, auf den Ordinaten deren Betriebsmittel-Ausführungszeiten. In jeder der beiden Abbildungen der Tafel Nr. 4 stellen die schraffiert umrahmten Flächen, bezogen auf die Gesamtfläche, den Belegungsgrad und die Restflächen, bezogen auf die jeweilige Gesamtfläche, den Belegungsverlustgrad dar.

Die Belegung der gesamten Anlage gibt nur der vollständige oder innere Belegungsgrad wieder. Niedere innere Belegungsgrade weisen auf schlechte Belegung von relativ teurer Peripherie hin. Hohe innere Belegungsgrade sind allerdings nicht eindeutige Beweise für eine breite Belegung aller Aggregate durch die Programmierung. Sie kön-

Fig. 1

Fig. 2

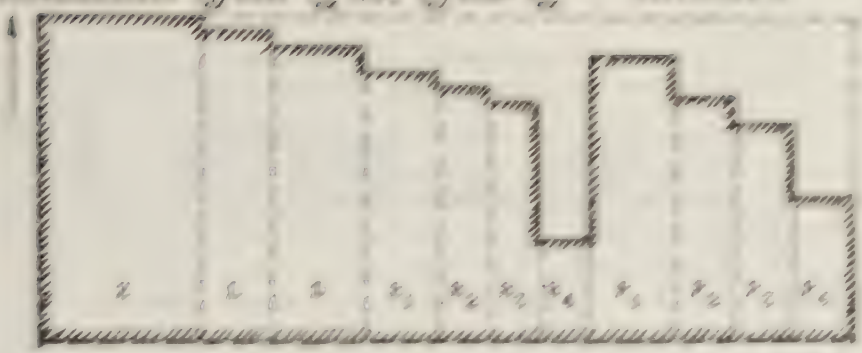


Fig. 1

Fig. 1. The profile of the terrain, showing the position of the main geological features. The profile is bounded by a thick line on the left and a thick line on the right. The top surface is labeled with '1' and '2'. The bottom surface is labeled with '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9', '10', '11', '12', '13', '14', '15', '16', '17', '18', '19', '20', '21', '22', '23', '24', '25', '26', '27', '28', '29', '30', '31', '32', '33', '34', '35', '36', '37', '38', '39', '40', '41', '42', '43', '44', '45', '46', '47', '48', '49', '50', '51', '52', '53', '54', '55', '56', '57', '58', '59', '60', '61', '62', '63', '64', '65', '66', '67', '68', '69', '70', '71', '72', '73', '74', '75', '76', '77', '78', '79', '80', '81', '82', '83', '84', '85', '86', '87', '88', '89', '90', '91', '92', '93', '94', '95', '96', '97', '98', '99', '100'.

The profile of the terrain, showing the position of the main geological features. The profile is bounded by a thick line on the left and a thick line on the right. The top surface is labeled with '1' and '2'. The bottom surface is labeled with '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9', '10', '11', '12', '13', '14', '15', '16', '17', '18', '19', '20', '21', '22', '23', '24', '25', '26', '27', '28', '29', '30', '31', '32', '33', '34', '35', '36', '37', '38', '39', '40', '41', '42', '43', '44', '45', '46', '47', '48', '49', '50', '51', '52', '53', '54', '55', '56', '57', '58', '59', '60', '61', '62', '63', '64', '65', '66', '67', '68', '69', '70', '71', '72', '73', '74', '75', '76', '77', '78', '79', '80', '81', '82', '83', '84', '85', '86', '87', '88', '89', '90', '91', '92', '93', '94', '95', '96', '97', '98', '99', '100'.

- 1. a. Topographic profile
- 2. a. Geological profile and relief
- 3. a. Topographic profile
- 4. a. Geological profile
- 5. a. Topographic profile

Fig. 2

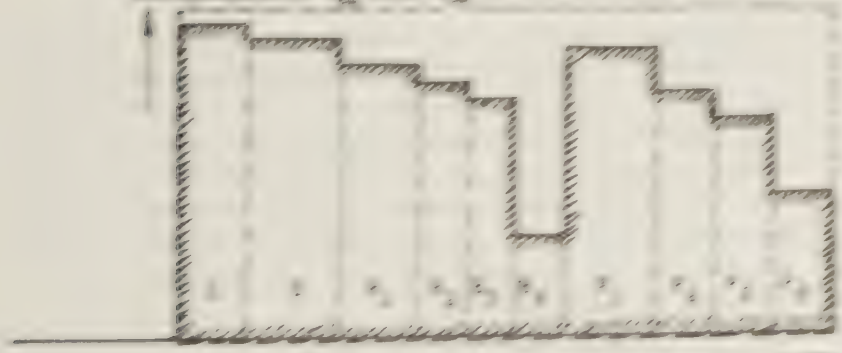


Fig. 2

Fig. 2. The profile of the terrain, showing the position of the main geological features. The profile is bounded by a thick line on the left and a thick line on the right. The top surface is labeled with '1' and '2'. The bottom surface is labeled with '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9', '10', '11', '12', '13', '14', '15', '16', '17', '18', '19', '20', '21', '22', '23', '24', '25', '26', '27', '28', '29', '30', '31', '32', '33', '34', '35', '36', '37', '38', '39', '40', '41', '42', '43', '44', '45', '46', '47', '48', '49', '50', '51', '52', '53', '54', '55', '56', '57', '58', '59', '60', '61', '62', '63', '64', '65', '66', '67', '68', '69', '70', '71', '72', '73', '74', '75', '76', '77', '78', '79', '80', '81', '82', '83', '84', '85', '86', '87', '88', '89', '90', '91', '92', '93', '94', '95', '96', '97', '98', '99', '100'.

nen auch durch hoch liegende Untergrenzen ($i_{\min}$), also Peripherie mit geringen Kosten, bedingt sein.

Man gelangt zu einer anderen Betrachtungsweise und zu einer anderen Kennzahl, wenn man anstelle der Grundmieten die Istmieten in die Betrachtung einbezieht und den Tatbestand berücksichtigt, daß mindestens eine Schicht, z.B. 182 Stunden im Monat, zu bezahlen ist, gleichgültig, ob sie ausgenutzt wurde oder nicht. Mit einer Kennzahl, die diese Tatbestände berücksichtigt, hat man eine Möglichkeit, die Belegung des gemieteten Leistungsvermögens darzustellen. Aus diesem Grunde soll die Kennzahl der "Mietebelegungsgrad" genannt werden.

Der (periodenbezogene) Mietebelegungsgrad

Der Mietebelegungsgrad kann nur als periodenbezogene Kennzahl ermittelt werden.

Mit Hilfe einer graphischen Darstellung soll der Gedankengang, der zum Mietebelegungsgrad führt, erläutert werden. In Tafel Nr. 5 sind auf der Abszisse wieder die Grundmieten für die einzelnen Aggregate einer Anlage hintereinander abgetragen. Die gesamte Länge der Abszisse entspricht also dem Wert M_{ges} .

Auf der Ordinate ist für jedes Hauptaggregat die Zeit T_{ak} aufgetragen, wobei T_{S1} den Anteil einer Schicht darstellt. Die Fläche, die aus dem Produkt von Abszissenwert (Miete) und Ordinatenwert T_{S1} gebildet wird, ist ein Maß für das mit einer Schicht gemietete Leistungsvermögen. Die gestrichelt umrahmte Fläche ist dementsprechend das real gemietete Leistungsvermögen, einschließlich eventueller Überstunden. Dagegen bildet die schraffiert umrandete Fläche ein Maß für die Beschäftigung bzw. die Belegung dieses gemieteten Leistungsvermögens.

Wie man auf Tafel Nr. 5 sieht, weisen einige Teilaggregate, z.B. die Zentraleinheit (Z) oder der Lochkartenleser und -stanzer (L), Zeiten auf, die über den Wert T_{S1} hin-

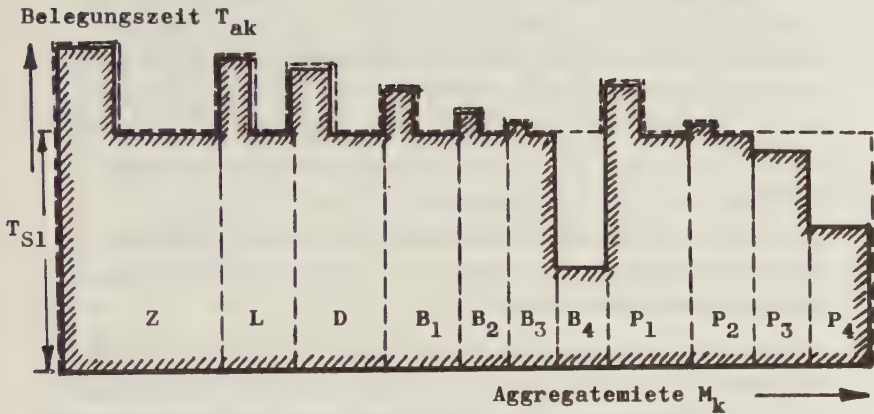


Abb.1: Zur Erläuterung des Mietebelegungsgrades

Die Flächen in beiden Abbildungen sind jeweils ein Maß für den Wert des Zählers  und des Nenners .

Z = Zentraleinheit

L = Lochkartenleser und -stanzer

D = Schnelldrucker

B = Magnetbandaggregate

P = Magnetplattenaggregate

ausgehen (schornsteinförmige Erhöhungen). Die sind schmaler gezeichnet als der Grundwert, weil für diese Zeiten, die ja Überstunden der Anlage sind, reduzierte Mieten zu zahlen sind (vgl. S. 53 und die dort angeführte Anmerkung 2).

Nach diesen erläuternden Bemerkungen zu den Abszissen- und Ordinatenwerten der Tafel Nr. 5 läßt sich der Mietebelegungsgrad darstellen:

Der Mietebelegungsgrad ist das Verhältnis der schraffiert umgrenzten Fläche zu der gestrichelt umgrenzten Fläche. In der Berechnung ist für jedes Aggregat die schraffiert umgrenzte Fläche zu ermitteln. Die Summe aller schraffiert umgrenzten Flächen ergibt den Zähler der Formel für den Mietebelegungsgrad, die Summe aller gestrichelt umgrenzten Flächen ergibt den Nenner.

Es ist also

(45.1)

$$\text{Mietebelegungsgrad} = \frac{\text{Summe der schraffiert umgrenzten Flächen}}{\text{Summe der gestrichelt umgrenzten Flächen}}$$

Für die formelmäßige Berechnung ist es wichtig zu unterscheiden, ob die Zeit $T_{ak} > T_{S1}$ (Schornsteinfall) oder ob $T_{ak} \leq T_{S1}$ ist. Im Schornsteinfall setzt sich die Flächenberechnung aus zwei Summanden zusammen.

Es sei bezeichnet:

MG = Mietebelegungsgrad,

T_{S1} = Betriebsmittel-Ausführungszeit der ersten Schicht, für die die Grundmiete bezahlt wird, beispielsweise Stunden/Monat,

T_{ak} = gemessene Betriebsmittel-Ausführungszeit des Aggregates k im untersuchten Monat (Stunden/Monat), wobei k auch für die Zentraleinheit stehen soll,

M_k = Grundmiete des Aggregates k für eine Schicht im Monat (DM/Monat), wobei k auch für die Zentraleinheit stehen soll,

f = Faktor für die Preisermäßigung bei Überstunden, z.B. 0,3.

Ermittlung der *s c h r a f f i e r t* umgrenzten Fläche für den Zähler der Formel:

Jedes Aggregat k liefert einen Flächenbeitrag ZL_k zum Zähler. Der Zähler ist also $\sum_k ZL_k$.

Wenn $T_{ak} > T_{S1}$ (Schornsteinfall), dann gilt für den Anteil eines einzelnen Aggregates k :

$$\begin{aligned} (46.1) \quad ZL_k &= T_{S1} \cdot M_k + (T_{ak} - T_{S1}) \cdot f \cdot M_k \\ &= M_k \cdot [T_{S1} + (T_{ak} - T_{S1}) \cdot f] \end{aligned}$$

Wenn $T_{ak} \leq T_{S1}$, also Nicht-Schornsteinfall, dann gilt:

$$(46.2) \quad ZL_k = T_{ak} \cdot M_k$$

Ermittlung der *g e s t r i c h e l t* umgrenzten Fläche für den Nenner der Formel:

Jedes Aggregat k liefert einen Flächenbeitrag NN_k zum Nenner. Der Nenner ist also $\sum_k NN_k$.

Wenn $T_{ak} > T_{S1}$ (Schornsteinfall), dann gilt (gleichartig wie bei ZL_k , weil schraffiert und gestrichelt umgrenzte Flächen gleich sind) für den Anteil eines einzelnen Aggregates k :

$$(47.1) \quad \begin{aligned} NN_k &= T_{S1} \cdot M_k + (T_{ak} - T_{S1}) \cdot f \cdot M_k \\ &= M_k \cdot [T_{S1} + (T_{ak} - T_{S1}) \cdot f] \end{aligned}$$

Wenn $T_{ak} \leq T_{S1}$, also nicht Schornsteinfall, dann gilt (anders als beim Zähler):

$$(47.2) \quad NN_k = T_{S1} \cdot M_k$$

Der Mietbelegungsgrad ist somit:

$$(48.1) \quad MG = \sum_k ZL_k / \sum_k NN_k$$

Für den Schornsteinfall aller Aggregate gilt:

$$(49.1) \quad MG = \frac{\sum_k \left\{ M_k \cdot [T_{S1} + (T_{ak} - T_{S1}) \cdot f] \right\}}{\sum_k \left\{ M_k \cdot [T_{S1} + (T_{ak} - T_{S1}) \cdot f] \right\}} = 1$$

wobei der Index k auch für die Zentraleinheit steht.

Dagegen gilt für den nicht Schornsteinfall aller Aggregate:

$$(49.2) \quad MG = \frac{\sum_k (M_k \cdot T_{ak})}{\sum_k (M_k \cdot T_{S1})}$$

Arbeiten einige Aggregate höchstens eine Schicht und machen andere Aggregate Überstunden, sind beide Fälle in einem Ausdruck zu berücksichtigen. Bezeichnet man die Aggregate, die maximal eine Schicht arbeiten, mit dem zusätzlichen Index /s und die Aggregate, die mehr als eine

Schicht eingesetzt sind, mit dem zusätzlichen Index /ü, so gilt als Mietebelegungsgrad:

(50.1)

$$MG = \frac{\sum_{k/s} (M_{k/s} \cdot T_{ak/s}) + \sum_{k/ü} \{M_{k/ü} [T_{S1} + (T_{ak/ü} - T_{S1}) \cdot f]\}}{\sum_{k/s} (M_{k/s} \cdot T_{S1}) + \sum_{k/ü} \{M_{k/ü} [T_{S1} + (T_{ak/ü} - T_{S1}) \cdot f]\}}$$

In der Tafel Nr. 5 stellt die schraffiert umrahmte Fläche, bezogen auf die Gesamtfläche, den Mietebelegungsgrad und die Restfläche, bezogen auf die Gesamtfläche, den Belegungsverlustgrad dar.

Eine Zusammenfassung der dargelegten Kennzahlen findet sich im Anhang der Untersuchung.

Die Anwendung der Kennzahlen bedarf in jedem Falle der kritischen Analyse, wie bereits eingangs betont wurde. Das gilt in besonderem Maße auch für die dargelegten Kennzahlen. Die Kennzahlen können nur Hinweise auf schlechte oder gute technische Nutzung geben. Die Entscheidung, ob wenig genutzte Aggregate zur Verbesserung der Gesamtnutzung abgebaut werden und dafür Kosten der Umprogrammierung in einigen Fällen in Kauf genommen werden sollen, bedarf in jedem Falle gesonderter Untersuchungen. Ebenso lassen die hier mit Hilfe von Hilfsmaßstäben auf Zeitbasis gebildeten Kennzahlen keinen Schluß auf die intensitätsmäßige Nutzung der Aggregate zu, worauf an früherer Stelle bereits hingewiesen wurde.

Neben der Verwendung zur Kontrolle der laufenden Nutzung können Kennzahlen auch zur Planung künftiger Nutzungen dienen.

V.3. Planwerte für die prozeß- und periodenbezogenen Kennzahlen

Aus der Kenntnis der prozeßbezogenen Kennzahlen für sämtliche Prozesse, die auf einer Datenverarbeitungsanlage durchgeführt werden, lassen sich periodenbezogene Planwerte ermitteln.

Es sei

- i = Index, mit dem der Prozeß gekennzeichnet sei,
- n_i = Häufigkeit des Prozesses i in der Planperiode,
- $t_{aZ/i}$ = Betriebsmittel-Ausführungszeit der Zentraleinheit für das einmalige Durchführen des Prozesses i ,
- $t_{ak/i}$ = Betriebsmittel-Ausführungszeit des Aggregates k für das einmalige Durchführen des Prozesses i ,
- $T_{aZ/P}$ = Plan-Betriebsmittel-Ausführungszeit der Zentraleinheit für die zu berechnende Periode,
- $T_{ak/P}$ = Plan-Betriebsmittel-Ausführungszeit des Aggregates k für die zu berechnende Periode.

Dann gilt:

$$(51.1) \quad T_{aZ/P} = \sum_i (n_i \cdot t_{aZ/i})$$

für die Planzeit der Zentraleinheit Z ,

$$(51.2) \quad T_{ak/P} = \sum_i (n_i \cdot t_{ak/i})$$

für die Planzeit des Aggregates k .

Folgende drei Voraussetzungen müssen für die Bildung von periodenbezogenen Planwerten gemacht werden:

- 1.) Alle Prozesse, die in einer Planperiode auf der Datenverarbeitungsanlage durchgeführt werden sollen, müssen bekannt sein.
- 2.) Für alle bekannten Prozesse müssen prozeßbezogene Belegungszeiten für sämtliche Teilaggregate ermittelt sein.
- 3.) Für jeden Prozeß muß bekannt sein, welche Aggregate er belegt, falls mehrere zur Auswahl stehen (z.B. welche zwei Magnetbandgeräte von vier möglichen Geräten).

Sind diese drei Bedingungen erfüllt, lassen sich Planwerte für die Planperiode ermitteln.

Mit Hilfe der errechneten Gesamtzeiten für die Planperiode und der bekannten Grundmieten eines jeden Aggregates der Anlage können der innere und der äußere Belegungsgrad, wie oben dargestellt, ermittelt werden.

Vor Ermittlung des Mietebelegungsgrades ist zu prüfen, ob einzelne Aggregate in der Planperiode Überstunden machen werden. Ferner sollte man auch prüfen, ob sich die Überstunden, abgesehen von der Zentraleinheit, nicht vermeiden lassen. Sie können dadurch vermieden werden, daß man bei einzelnen Aufgaben alternativ zur Verfügung stehende Aggregate einsetzt. Beispielsweise könnte anstelle eines Magnetbandgerätes Nr. 1, das nach Plan Überstunden machen würde, ein Magnetbandgerät Nr. 4 verwendet werden, das nach Plan nur zu einem geringen Prozentsatz belegt ist.

Entsprechend dem Ergebnis dieser Prüfungen kann der Mietebelegungsgrad für die Planperiode gemäß der Beziehung (50.1) ermittelt werden.

Die geschilderte Errechnung von Planwerten stößt im praktischen Fall unter Umständen auf Schwierigkeiten. Die Hauptschwierigkeit liegt darin, daß der zeitliche Umfang der Arbeiten für Programmumwandlungen nicht genau be-

kannt ist und daß auch für die übrigen Testarbeiten weder der zeitliche Umfang noch die Anzahl der benötigten Aggregate genau im voraus ermittelt werden können. Der Umfang des Zahlenmaterials stellt dagegen keine Schwierigkeiten dar, weil man die Rechenarbeiten zur Ermittlung der Planwerte der Anlage selbst überlassen kann.

Durch zeitweises Überprüfen der programmbezogenen Kennzahlen, insbesondere der Zeitwerte $t_{aZ/i}$ und $t_{ak/i}$, ist sicherzustellen, daß die Berechnung der Planwerte von richtigem Zahlenmaterial ausgeht.

Vom dargestellten Kennzahlensystem, das vorzugsweise für Datenverarbeitungsanlagen ohne simultane Programmausführung vorgesehen ist, können die periodenbezogenen Werte I, A und MG auch auf größere Datenverarbeitungsanlagen mit simultaner Programmausführung angewendet werden. Dabei stößt die praktische Anwendung jedoch in der Regel auf eine noch zu erwähnende Schwierigkeit, die sich durch Einführen fiktiver Grundmieten beheben läßt.

V.4. Das Rechnen mit fiktiven Grundmieten

Datenverarbeitungsanlagen, deren Zentraleinheit mit einem größeren quantitativen Leistungsvermögen ausgestattet ist, erlauben zu dessen besserer Nutzung den Anschluß einer Vielzahl peripherer Aggregate. Dabei werden gleichartige Aggregate¹⁾ zu Gruppen zusammengefaßt und über ei-

1) Beispielsweise die Magnetbandgeräte oder die Magnetplattengeräte oder die Lochkartenlese- und Lochkartenzustanzgeräte mit den Schnelldruckaggregaten.

ne gemeinsame Steuereinheit mit der Zentraleinheit verbunden. Die Steuereinheit ist damit notwendige Voraussetzung für die Funktion des einzelnen peripheren Aggregates. Sie kann die an sie angeschlossenen Aggregate quasi simultan steuern. Je mehr Aggregate von ihr simultan gesteuert werden, umso höher ist die intensitätsmäßige Nutzung ihres quantitativen Leistungsvermögens.

Bei der Berechnung des prozeßbezogenen inneren und äußeren Belegungsgrades in der eingangs dargelegten Form können durch die skizzierte Funktionsweise der Steueraggregate Kennzahlenwerte ermittelt werden, deren Aussagewert eingeschränkt ist. Einerseits ist nämlich die Steuereinheit jeweils belegt, wenn auch nur eines der von ihr zu steuernden Aggregate belegt ist, andererseits ist die Steuereinheit von den übrigen Aggregaten, die nicht durch den Prozeß belegt sind, auch nicht beansprucht. Unterstellt man zur Verdeutlichung der Situation, daß eine gewisse benötigte Steuereinheit eine relativ hohe Grundmiete habe, daß demgegenüber für die von ihr gesteuerten Aggregate eine nur relativ geringfügige Grundmiete gezahlt werde, ergibt sich unabhängig von der Anzahl der belegten peripheren Aggregate immer ein relativ hoher innerer und äußerer prozeßbezogener Belegungsgrad. Damit wirken die Steuereinheiten im Kennzahlensystem ähnlich wie die Zentraleinheit, für deren Wirkung der minimale innere Belegungsgrad kennzeichnend ist.

Deutlicher tritt die Belegung der peripheren Aggregate hervor, wenn es gelingt, die Steuereinheiten direkt in Beziehung zu den Aggregaten zu setzen, die von ihnen gesteuert werden. Das kann beispielsweise dadurch realisiert werden, indem man die Grundmiete der Steuereinheiten proportional zur Anzahl der von ihnen gesteuerten Aggregate aufteilt und die erhaltenen Teilwerte zu den Grundmieten der gesteuerten Aggregate addiert. Man erhält damit fiktive Grundmieten. Für die Steuereinheit wird die fiktive Grundmiete zu Null, für die gesteuerten

Aggregate erhöht sie sich um den Teilwert der Grundmiete der Steuereinheit.

Es sei bezeichnet:

- M_{st}^h = Reale Grundmiete der Steuereinheit für die Aggregategruppe h;
 $M_{st_f}^h$ = Fiktive Grundmiete der Steuereinheit der Aggregategruppe h;
 Z_a^h = Anzahl der von der Steuereinheit gesteuerten Aggregate der Gruppe h;
 M_k^h = Reale Grundmiete eines peripheren Aggregates k der Aggregategruppe h;
 $M_{k_f}^h$ = Fiktive Grundmiete eines Aggregates k der Aggregategruppe h.

Es gelte:

$$(52.1) \quad M_{st_f}^h = 0 \quad \text{und}$$

$$(52.2) \quad M_{k_f}^h = M_k^h + (M_{st}^h / Z_a^h) \quad \text{und}$$

$$(52.3) \quad \sum_k M_{k_f}^h = M_{st}^h + \sum_k M_k^h$$

Ist die Steuereinheit kein selbständiges Aggregat, sondern in einem der Aggregate enthalten, die gesteuert werden sollen¹⁾, ist häufig der Anteil unbekannt, den die Steuereinheit an der Grundmiete des gesamten Aggregates hat. Durch Vergleich eines entsprechenden Aggregates ohne Steuereinheit mit einem Aggregat, das eine Steuereinheit besitzt, läßt sich die real gezahlte Miete kalkulatorisch aufteilen in eine kalkulatorische Grundmiete für

1) Das ist beispielsweise bei Magnetbandgeräten vom Typ IBM 2403 oder 2404 der Fall. Beide Aggregate enthalten eine Steuereinheit, die in der Lage ist, weitere sieben Laufwerke von Magnetbandgeräten zu steuern. Entnommen aus: IBM (Hrsg.) System /360 Ein/Ausgabe-Systemübersicht, IBM Form 78 709-3.

das Aggregat ohne Steuereinheit und eine kalkulatorische Grundmiete für die Steuereinheit. Die kalkulatorische Grundmiete für die Steuereinheit kann im nächsten Schritt, wie eingangs dargelegt, allen gesteuerten Aggregaten zugerechnet werden.

Soll das Kennzahlensystem gemäß den eingangs gestellten Forderungen einen Vergleich der Auslastung zwischen einzelnen Datenverarbeitungsanlagen erlauben, müssen Umrechnungsmethoden mit kalkulatorischen oder fiktiven Werten in allen Fällen gleichartig angewendet werden. Wendet man nicht gleichartige Umrechnungsmethoden an, ist die aus der Umrechnungsmethode resultierende Meßmethode ebenfalls als unterschiedlich zu betrachten.

VI. ZAHLENBEISPIELE

Folgend sollen aus Veröffentlichungen von Herstellern, Anwendern und verschiedenen Autoren sowie aus eigenen Beobachtungen Zahlenbeispiele angegeben werden, um die praktische Bedeutung der dargelegten Probleme sichtbar zu machen.

VI.1. Zahlenbeispiele für den Aufbau statischer und dynamischer Einrichtungen - zu Abschnitt I.2

Zwei Beispiele mögen die zeitliche Bedeutung des Aufbaues statischer und dynamischer Einrichtungen erhellen.

Das erste Beispiel zeigt den Zeitbedarf eines Magnetkopfarmes für den Positionierungsvorgang in Abhängigkeit von der Anzahl der überquerten Magnet Spuren bei der IBM Magnetplatteneinheit Typ 2311. Vgl. dazu die Abbildung VI/1.

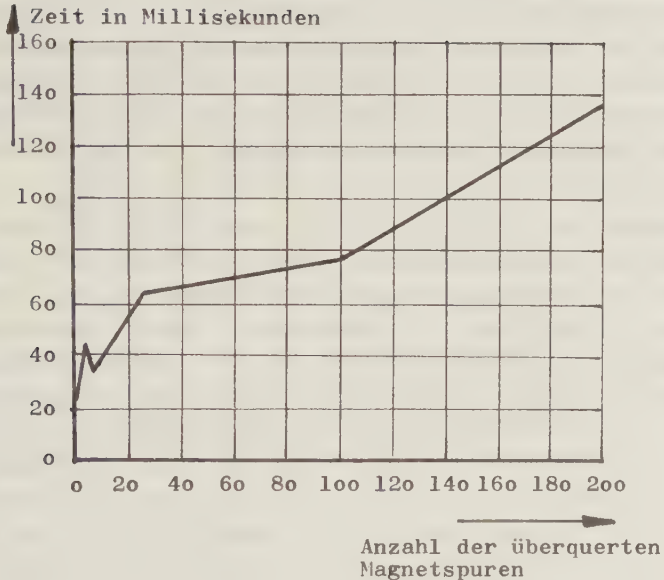


Abb. VI/1: Zeit für die Zugriffsbewegung eines Magnetkopfes in Abhängigkeit von der Anzahl der überquerten Magnetspuren bei dem Magnetplattenaggregat der IBM Typ Nr. 2311¹⁾

Wie zu erkennen, ist der Zeitbedarf für den Aufbau dieser statischen Einrichtung je nach der Spurenzahl, die zu überqueren ist, unterschiedlich groß. Es besteht auch keine lineare Proportionalität zwischen Spurenzahl und Zeitbedarf. Die Wirkung der Massenträgheit des Magnetkopfes wird besonders deutlich bei Einstellen des Mag-

1) Entnommen aus W e d e k i n d , H.: Datenorganisation, a.a.O., S. 25.

netkopfarmes auf Spur 1. Hierfür sind 22 msec erforderlich.

Gemessen an dem Zeitverbrauch für das Positionieren des Magnetkopfarmes ist der Zeitbedarf für den Lese- und Schreibvorgang einer vollständigen Spur (ohne Wartezeit auf den Beginnpunkt der Spur) gering. Bei einer Geschwindigkeit von etwa 2400 Umdrehungen pro Minute beträgt der Zeitbedarf 25 msec. Die Wartezeit auf den Beginnpunkt der Spur kann im ungünstigsten Fall ebenfalls 25 msec betragen.

Dieses Zahlenbeispiel hat im industriellen Produktionsprozeß ein interessantes Gegenstück. Es handelt sich um den Positionierungsvorgang einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine in Richtung der x- bzw. y-Koordinate. Ordnet man der Ordinate bei gleichem Maßstab wiederum den Zeitbedarf in msec zu und tauscht den Abszissenmaßstab im verhältnis 1 Spur $\hat{=}$ 2 Millimeter - für 200 Spuren sind also 400 Millimeter zu setzen -, läßt sich der Zeitbedarf für den Positionierungsvorgang in Abhängigkeit von der zurückzulegenden Schlittenstrecke in Richtung der x- bzw. y-Koordinate darstellen. Vgl. dazu die folgende Abbildung VI/2. Zum leichteren Vergleich der Zeiten für den Positionierungsvorgang des Magnetkopfarmes und des Werkstückschlittens ist die Kurve für den Magnetkopfarm gestrichelt mit eingezeichnet.

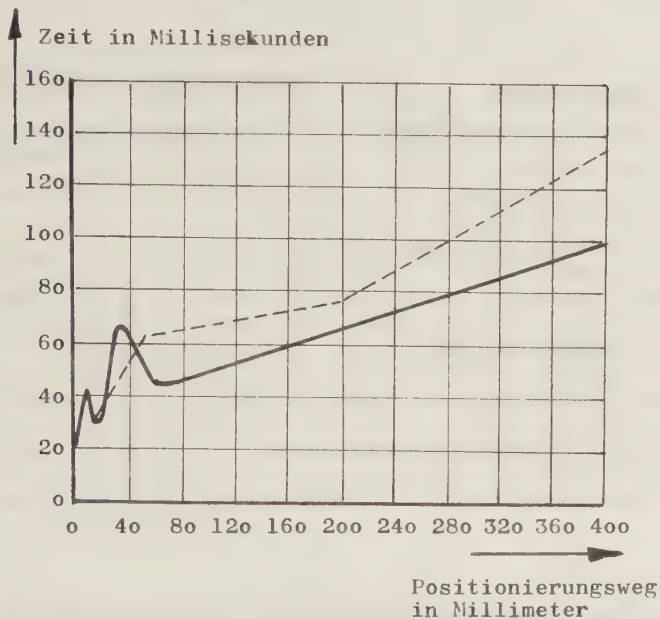


Abb. VI/2: Zeitbedarf für den Positionierungsvorgang in Richtung der x- bzw. y-Koordinate einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine.¹⁾

Zum weiteren Vergleich sei noch angeführt, daß der sich an das Positionieren anschließende Arbeitsgang, z.B. Bohren, nicht im Bereich von Millisekunden, sondern in der Größenordnung von Sekunden liegt, während der Lesevorgang des Magnetplattenkopfes, wie bereits erwähnt, für die volle Spur, auf die er eingestellt wurde, nur 25 msec beträgt.

Das zweite Zahlenbeispiel zeigt den Aufbau einer externen dynamischen Einrichtung für zwei verschiedene Magnetbandaggregate. Dargestellt sind ein mechanisch relativ langsam und relativ schnell laufendes Aggregat der sog. zweiten Generation.

1) Entnommen aus W o j d a , F.: Zeitwirtschaft und wirtschaftliche Teileauswahl für numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen. Bd. 16 der Schriftenreihe Arbeitswissenschaft und Praxis, Berlin - Köln - Frankfurt/M. 1970, S. 37.

<u>Kennzeichen</u>	<u>IBM Typ 7330</u>	<u>IBM Typ 729-IV</u>
Bandgeschwindigkeit		
in: cm/sec	90 ¹⁾	285 ¹⁾
Zeichen/sec	7 200 ¹⁾	62 500 ¹⁾
Startzeit für den Schreibvorgang		
in: msec	5,0 ²⁾	5,0 ²⁾
Stopzeit für den Schreibvorgang		
in: msec	6,6 ²⁾	3,8 ²⁾
Kluft ³⁾ zwischen zwei Blöcken		
in: cm	2,0 ¹⁾	2,0 ¹⁾

Für die Magnetbandaggregate, die im Rahmen der sog. dritten Generation verwendet werden, IBM Typ 2401 bis 2404, einerseits Modell 1 und andererseits Modell 3, gelten etwa gleiche Daten wie für die zwei genannten Aggregate der zweiten Generation.⁴⁾

Für das Schreiben von 1000 Zeichen ergibt sich demnach ein zeitlicher Ablauf gemäß den Abbildungen VI/3 und VI/4:

-
- 1) IBM (Hrsg.): Handbuch Datenverarbeitungssystem IBM 1401, IBM Form 74 856-3, S. 86.
 - 2) IBM (Hrsg.): Handbuch ..., IBM Form 74 856-3, a.a.O., S. 221 ff.
 - 3) Unter Kluft zwischen zwei Datenblöcken auf einem Magnetband versteht man den meist "unbeschriebenen" Zwischenraum, der dem Start-Stop-Vorgang dient.
 - 4) Vgl. dazu IBM (Hrsg.): IBM System /360, IBM 2400 und 2816, Modell 1, IBM Form 79 819, S. 5. Die Kluft beträgt 2,0 oder 1,5 cm. Start- und Stop-Zeiten sind jedoch nicht angegeben.

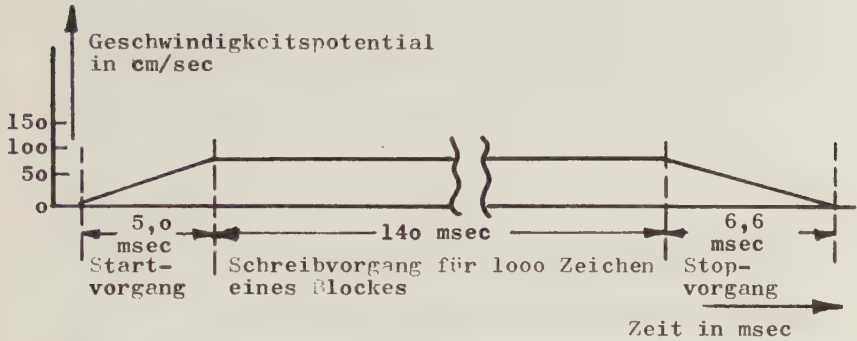


Abb. VI/3: IBP Typ 7330 Auf- und Abbau eines Geschwindigkeitspotentials und Schreibvorgang für 1000 Zeichen

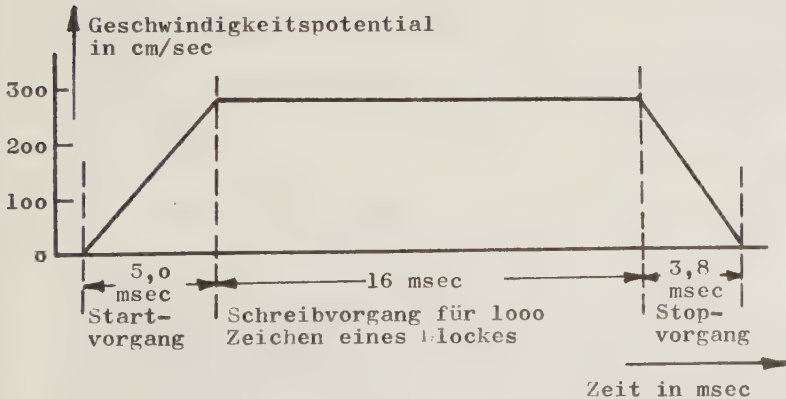


Abb. VI/4: IBM Typ 729-IV. Auf- und Abbau eines Geschwindigkeitspotentials und Schreibvorgang für 1000 Zeichen

VI.2. Zahlenbeispiele für den Zeitbedarf für verschiedene mechanisch und elektronisch bedingte Abläufe - zu Abschnitt II.3.3

Kalscheuer¹⁾ führt folgende tabellarische Übersicht über den Zeitbedarf einzelner Funktionen einer Datenverarbeitungsanlage²⁾ an:

Kernspeicherbelastung durch E/A-Operationen:

Peripheres Aggregat		% Kernspeicherzeit
Kartenleser	54 000 Karten/Std.	0,13
	88 200 Karten/Std.	0,22
Kartenstanzer	18 000 Karten/Std.	0,05
Streifenleser/stanzer	100 Zeichen/Sek.	
Streifenleser	1 000 Zeichen/Sek.	0,23
12ostelliger Drucker	60 000 Zeilen/Std.	0,23
16ostelliger Drucker	66 000 Zeilen/Std.	0,30
Magnetbandstation	33 kHz	3,75
	66 kHz	7,50
	120 kHz	13,50
Pultschreibmaschine		0,01

Dabei bedeuten:

E/A-Operationen = Eingabe-/Ausgabeoperationen,

Zu dieser Tabelle gibt Kalscheuer folgendes Rechenbeispiel, aus dem ersichtlich wird, zu welchem Prozentsatz die Leistungsfähigkeit der Zentraleinheit in Bezug auf ihre Arbeit mit dem Kernspeicher (Hauptspeicher) ausgelastet ist, wenn gleichzeitig die Magnetbandstation

1) K a l s c h e u e r , H.-D.: Mathematische Entscheidungsforschung und elektronische Datenverarbeitung als integriertes System und dessen Anwendung für die Unternehmensführung, Diss. TU Berlin 1965, S. 77.

2) Anlage der Firma Bull vom Typ Gamma 40.

(33 kHz), der Drucker (60 000 Zeilen/Std.) und der Kartenleser (54 000 Karten/Std.) arbeiten. Um diese Arbeiten gleichzeitig zu steuern, wird die Zentraleinheit nur zu 4,11 % ($= 3,75 + 0,23 + 0,13$) ausgelastet. 95,89 % des quantitativen Leistungsvermögens der Zentraleinheit stehen zur Ausführung anderer Funktionen zur Verfügung, beispielsweise zur simultanen Durchführung anderer Prozesse.

Eine vergleichbare Angabe findet sich bei Germain¹⁾ für den modernen Anlagentyp der IBM /360. Ein sehr schneller Kartenleser kann ein Byte²⁾ in 750 μ s in den Hauptspeicher übertragen. Vergleicht man diese Zeit mit der Zugriffszeit zu einem Byte im Hauptspeicher, die für das langsamste Modell der /360 1,5 μ s beträgt, so ergibt sich daraus folgende Konsequenz. Würde die Datenverarbeitungsanlage jeweils auf das Lesen bzw. Übertragen jedes Bytes in den Hauptspeicher warten, bis sie mit der Verarbeitung beginnt, dann würden 99,8 % Wartezeiten anfallen.

Da bei neueren Datenverarbeitungsanlagen die elektronisch bedingten Abläufe sich in stärkerem Maße beschleunigt haben als die mechanisch bedingten, ist dieses Mißverhältnis im Verlaufe der Entwicklung eher größer als kleiner geworden, worauf auch besonders Olivier verweist.³⁾ Er gibt als Geschwindigkeiten für mittlere und größere Re-

-
- 1) G e r m a i n , C.B.: Das Programmier-Handbuch der IBM /360 - Ein Lehr- und Arbeitsbuch. Übersetzt von A. u. R. Gritsch, 2. Aufl., München 1970, S. 95.
 - 2) Die kleinste Dateneinheit, die normalerweise der Computer verarbeiten kann, heißt Byte. Ein Byte setzt sich beispielsweise beim System /360 aus neun Bitstellen zusammen. Jede Bitstelle kann nur zwei ausgezeichnete Zustände annehmen, beispielsweise + oder - oder Nord- und Südpolarisierung. Acht Bitstellen dienen zur Darstellung der gewünschten Daten. Die neunte Bitstelle ist für Prüfzwecke vorhanden. Nach G e r m a i n , C.B.: Das Programmier-Handbuch ..., a.a.O., S. 44 f.
 - 3) O l i v i e r , G.: Optimale Zeitzeuteilung in Teilnehmerrechnungssystemen, a.a.O., S. 7.

chenanlagen entsprechend dem gegenwärtigen Stand folgende Größenordnungen an:

Rechenkern	$1 \cdot 10^6 - 100 \cdot 10^6$ Operationen/sec
Datenübertragung zwischen dem Hauptspeicher und peripheren Speichern	50 - 400 KBytes/sec
(bei wahlfreiem Zugriff	20 Sätze/sec)
Datenübertragung zwischen dem Hauptspeicher und Drucker/Leser	50 - 100 KBytes/sec

Daraus leitet Olivier als Faustregel ab, daß größenordnungsmäßig jede interne Rechenoperation 1000 mal so schnell ist wie die Übertragung der Operanden von und zu den peripheren Speichern und diese wieder 1000 mal so schnell wie die Eingabe bzw. Ausgabe auf den Datenendstationen (Drucker/Leser).¹⁾

Nach Kaufmann läßt sich - gemäß bisherigen Erfahrungen - in jeweils sechs Jahren eine Steigerung der Speicherzykluszeit um eine Zehnerpotenz nachweisen.²⁾

Aus den dargelegten Zahlen wird ersichtlich, welche Bedeutung die Simultanarbeit und die damit erzielte Konzentration des zeitlichen Ablaufs hat.

1) O l i v i e r , G.: Optimale Zeitzeuteilung in Teilnehmerrechnersystemen, a.a.O., S. 7. Olivier verweist in diesem Zusammenhang auch auf den Kostenaspekt. Da nämlich die Kosten der Zentraleinheit in größerem Maße durch den Speicherumfang und durch die Komplexität der Logik des Systems als durch die Geschwindigkeit bestimmt werden, ist es nicht wirtschaftlich, langsame Rechner zu bauen. Anlagen, die sich bei im übrigen vergleichbarer Ausstattung in Bezug auf die Rechengeschwindigkeit um den Faktor 1000 unterscheiden, weisen hinsichtlich der Kosten nur einen Unterschied von 50 oder weniger auf.

2) K a u f m a n n , H.: Computer der Zukunft, in: Data Report, Jg. 5 (1970), H. 5, S. 2 - 7. Aus dieser Feststellung von Kaufmann läßt sich jedoch keine Prognose ableiten, da den Geschwindigkeitssteigerungen - wie eingangs dargelegt - naturgesetzliche Grenzen gezogen sind.

VI.3. Zahlenbeispiel zum Reziprozitätsgesetz der Programmierung - zu den Abschnitten II.1.3 und III.2

Für quantitative Untersuchungen standen Programmierunterlagen für den elektronischen Rechenautomaten ER 56 der SEL mit Zeitangaben für die einzelnen Operationen zur Verfügung.¹⁾ Daraus konnten die Betriebsmittel-Ausführungszeiten für die folgend dargestellten beiden Prozesse ermittelt werden. Einer der beiden Prozesse ist in linearer, der andere in zyklischer Programmierung vorbereitet. Beide Prozesse sollen 11 Zahlen addieren, die sich auf den Hauptspeicherplätzen 1001 bis 1011 der betreffenden Datenverarbeitungsanlage befinden. Die Speichereinheit der betreffenden Datenverarbeitungsanlage ist ein sogenanntes "Wort".²⁾ Auch der einzelne Befehl dieser Anlage hat die Länge von einem Wort. Die ersten vier numerischen Zeichen eines Befehlswortes geben die gewünschte Adresse im Hauptspeicher an, wo sich eine Zahl befindet, die verarbeitet werden soll. Das fünfte numerische Zeichen dient der Wahl eines Indexregisters durch den Programmierer. Die sechste und siebente Stelle im Befehlswort nennen die auszuführende Operation, mit der die betreffende angesprochene Zahl bearbeitet werden soll, beispielsweise eine "Addition" (zu einer anderen Zahl).

Erklärung der in den Blockdiagrammen der folgenden Programme verwendeten Symbole:

-
- 1) Standard Elektrik Lorenz AG, Informatikwerk Stuttgart: Befehlsliste des elektronischen Rechenautomaten ER 56, Mai 1959, Schrift Nr. 1700/1 - 54321. Das Beispiel ist in der sog. Maschinensprache dargestellt, was für ältere Datenverarbeitungsanlagen noch möglich ist. Viele moderne Anlagen gestatten eine Programmierung in Maschinensprache nicht mehr. Damit läßt sich der zeitliche Unterschied zwischen zyklischer und linearer Programmierung nicht mehr derart leicht berechnen.
 - 2) Ein Wort besteht aus 35 bit. Mit einem Wort kann man in dieser Anlage sieben numerische oder drei Alpha-Zeichen darstellen.

- AKK = Akkumulator im Rechenwerk. Im Akkumulator finden beispielsweise alle Additionen und Subtraktionen statt.
- (AKK) = Inhalt vom Akkumulator
- 1001 = Speicherplatz 1001 im Hauptspeicher
- (1001) = Inhalt vom Speicherplatz 1001 im Hauptspeicher
- (1001)⁺ = Inhalt der ersten vier Stellen vom Speicherplatz 1001.
- I_i = Indexregister i. Es dient im Beispiel zur Adreßrechnung und hat nur vier Stellen.
- (I_i) = Inhalt vom Indexregister i
- = Übertragen, beispielsweise den Inhalt eines Speicherplatzes in den Akkumulator.

Der Operationenschlüssel¹⁾ in der sog. Maschinensprache für die Codierung der zwei Programme lautet wie folgt:

- 10 = Unbedingter Sprung des Programms nach der Adresse, die im sogenannten Adreßteil des Befehls angegeben ist.
- 13 = Sprung des Programms nach der Adresse, die im sogenannten Adreßteil des Befehls angegeben ist, wenn ein vorausgegangener Vergleich einen Wert ergeben hat.
- 41 = Übertrage den Inhalt vom Speicherplatz der im Befehl angegebenen Adresse in den Akkumulator.
- 42 = Übertrage den Inhalt vom Akkumulator in den Speicherplatz der im Befehl angegebenen Adresse.
- 45 = Addiere den Inhalt vom Speicherplatz der im Befehl angegebenen Adresse zum Inhalt des Akkumulators.
- 91 = Übertrage die im Adreßteil des Befehls angegebene Zahl in das angegebene Indexregister.

1) Der Operationenschlüssel wurde entnommen:
Standard Elektrik Lorenz AG, Informatikwerk Stuttgart:
Befehlsliste ..., a.a.O.

- 93 = Addiere zum Inhalt des Indexregisters, das im Befehl angegeben ist, eine Zahl, die im sogenannten Adreßteil des Befehls angegeben ist.
- 98 = Vergleiche den Inhalt des Indexregisters, das im Befehl angegeben ist, mit dem Wert, der im sogenannten Adreßteil des Befehls angegeben ist. Setze im Merker der Anlage eine Markierung entsprechend dem Vergleichsergebnis.

Die Befehlsfolgen der Programme können an einer beliebigen Folge von Speicherplätzen im Hauptspeicher gespeichert sein. Es wurden für dieses Beispiel die Speicherplätze 0120 ff. ausgewählt. Als Register zur Zählung im zyklischen Programm wurde I_3 ausgewählt (von insgesamt 10 vorhandenen Registern).

Mit Hilfe der dargestellten Symbole sollen folgend für beide Prozesse die Blockdiagramme und die jeweilige Codierung angegeben werden.

1.) Lineare Programmierung in Blockdiagramm und Codierung

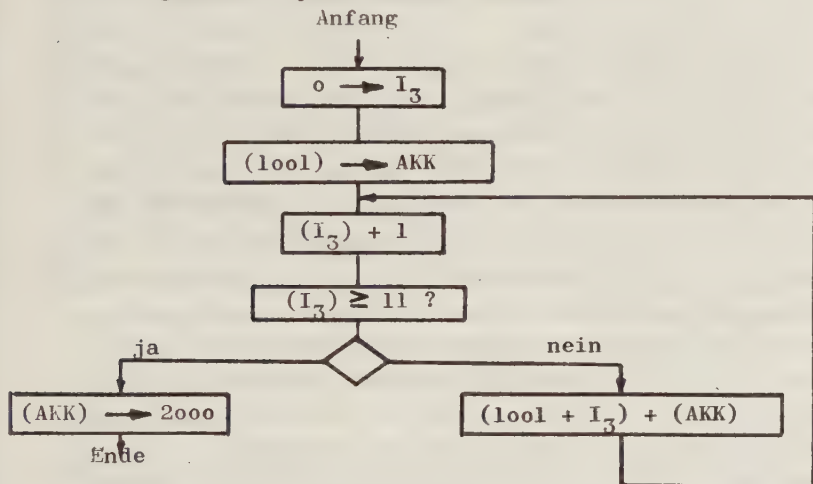
Blockdiagramm in symbolischen Zeichen	Speicherplatz-Nr. für den Befehl	Befehlsfolge in Maschinensprache des ER 56	Zeit für die Ausführung des Befehls in Millisekunden
---------------------------------------	----------------------------------	--	--

Anfang ↓			
(1001) → (AKK)	0120	1001 0 41	0,14
↓			
(1002) + (AKK)	0121	1002 0 45	0,20
↓			
(1003) + (AKK)	0122	1003 0 45	0,20
↓			
(1004) + (AKK)	0123	1004 0 45	0,20
↓			
(1005) + (AKK)	0124	1005 0 45	0,20
↓			
(1006) + (AKK)	0125	1006 0 45	0,20
↓			
(1007) + (AKK)	0126	1007 0 45	0,20
↓			
(1008) + (AKK)	0127	1008 0 45	0,20
↓			
(1009) + (AKK)	0128	1009 0 45	0,20
↓			
(1010) + (AKK)	0129	1010 0 45	0,20
↓			
(1011) + (AKK)	0130	1011 0 45	0,20
↓			
(AKK) → 2000	0131	2000 0 42	0,14
↓			
Ende			
			Summe: 1,88

Anzahl der Befehle und damit der für das Programm belegten Speicherplätze: 13. Benötigte Zeit: 1,88 Millisekunden. Jede weitere Addition würde einen weiteren Speicherplatz im Programm und 0,20 Millisekunden zu ihrer Ausführung benötigen.

2.) Zyklische Programmierung in Blockdiagramm und Codierung

Blockdiagramm in symbolischen Zeichen:



Speicherplatz-Nr. für den Befehl	Befehlsfolge in der Maschinen- sprache des ER 56	Zeit für Ausführ- ung des Befehls in Millisekunden
0120	0000 3 91	0,14
0121	1001 0 41	0,14
0122	0001 3 93	0,14
0123	0011 3 98	0,14
0124	0127 0 13	0,14 ohne Sprung
0125	1001 3 45	0,28 mit Sprung
0126	0122 0 10	0,20
0127	2000 0 42	0,14

Anzahl der Befehle und damit der für das Programm belegten Speicherplätze: 8. Benötigte Zeit für die Addition von 11 Zahlen, also bei zehnmaligem Durchlaufen der Programmschleife: 7,96 Millisekunden.

Jede weitere Addition würde keinen weiteren Speicherplatz im Programm, jedoch 0,76 Millisekunden mehr benötigen, das ist rund die vierfache Zeit gegenüber der linearen Programmierung.

VI.4. Zahlenbeispiel für Anpassungen von vorhandenem quantitativen Leistungsvermögen an gefordertes - zum Kapitel III

Als Beispiel seien Sortierprozesse auf einer NCR-Anlage¹⁾ mit Hilfe von Magnetbandaggregaten angeführt. Im Beispiel sollen für die Anpassung drei Hauptspeichergrößen zur Wahl stehen mit dem Umfang von 10 000, 20 000 und 40 000 Speichereinheiten. Eine Speichereinheit wird bei dieser Anlage als "Silbe" bezeichnet und umfaßt 12 bit. Aus den Unterlagen der Firma²⁾ lassen sich die Sortierzeiten für 5 Millionen Silben ermitteln, wobei die Silben hier im Beispiel zu Sätzen bzw. Blöcken mit je 25 oder 100 Silben zusammengefaßt seien. Das Ergebnis der Berechnung des Zeitbedarfs für die Sortiervorgänge zeigt die Abbildung VI/5. Man erkennt beispielsweise, daß die Sortierzeiten für 50 000 Blöcke à 100 Silben im Drei-Wege-Verfahren bei einer Hauptspeichergröße von 40 000 Silben 23 Minuten, dagegen im Zwei-Wege-Verfahren bei einer Hauptspeichergröße von nur 10 000 Silben mehr als das Doppelte, nämlich 55 Minuten, betragen. Je nach erforderlichem Leistungsvermögen wird man also eine größere technische Ausstattung und damit auch ein quantitativ wirksames Sortierverfahren oder eine kleinere technische Ausstattung mit einem quantitativ weniger wirksamen Verfahren wählen.

1) NCR-Anlage vom Typ RMC, ohne Simultansteuerung.

2) NCR (Hrsg.): Data Processing News Letter, Dayton, Ohio 45409. 4. Februar 1966, Issue 1712.

Sortierung von $5 \cdot 10^6$ Silben		
Haupt- spei- cher in 1000 Silben	Zwei- Wege- Verfahren Sortierzeit in Minuten	Drei- Wege- Verfahren Sortierzeit in Minuten
	bei 100 Silben/Block	
10	55,0	38,0
20	39,2	28,0
40	33,9	23,0
	bei 25 Silben/Block	
10	59,0	42,9
20	43,3	32,3
40	38,1	27,2

--- 100 Silben/Block
 — 25 Silben/Block

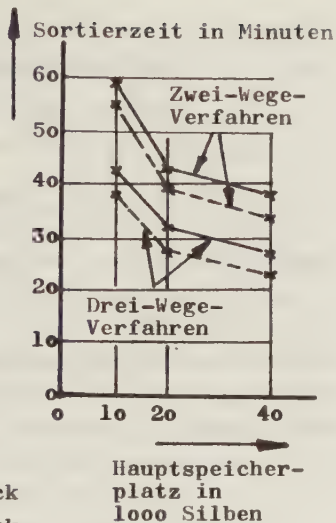


Abb. VI/5: Anpassung des quantitativen Leistungsvermögens, dargestellt am Beispiel von Sortierprozessen.

VI.5. Zahlenbeispiel für die optimale Betriebs- und Historienperiode - zu Abschnitt IV.2.3

Marik gibt als Zahlenbeispiel folgende Werte zur Berechnung einer optimalen Betriebs- und Historienperiode an:

$$MS = 300.-- \text{ DM/Std.}$$

$$t'_{uA/B} = 50 \text{ Minuten}$$

$$t_{uA/H1} = 5 \text{ Minuten}$$

$$t_{uA/H2} = 5 \text{ Minuten}$$

$$t_{uA/H3} - t_{uA/H2} = 30 \text{ Minuten}$$

$$t_{eA/H1} = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ Minuten/Lochkarte}$$

$$m_E = 1000 \text{ Lochkarten/Tag}$$

$$l = 20/100, \text{ also } 20 \% \text{ als Lagerkostensatz}^{1)}$$

$$s = 0,5^{1)}$$

$$TM = 10.000.-- \text{ DM/Tag}^{1)}$$

Damit ist also

$$k = l \cdot s \cdot TM = 0,2 \cdot 0,5 \cdot 10\,000 = 1000 \text{ DM/Tag}$$

Zeichnet man mit den angegebenen Zahlenwerten die beiden Gleichungen (27.1) und (28.1) gemäß Abbildung IV/5²⁾ auf, erhält man die Abbildung VI/6 und liest als Koordinaten der Schnittpunkte ab:

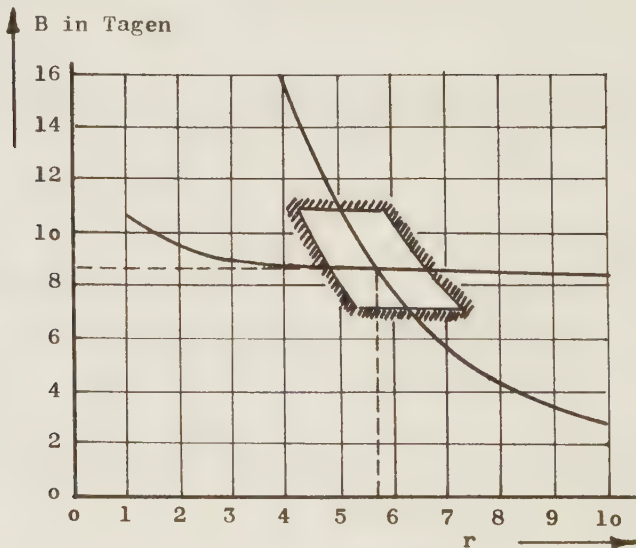


Abb. VI/6: Ermittlung der optimalen Betriebs- und Historienperiode.

1) Für Gl. (17.1) auf S.155, wo l , s und TM zur Berechnung des Faktors k dienen.

2) Vgl. S. 174.

B = 9 Tage und

r = 5,7 , also r . B $\approx$ 51 Tage.

Die Koordinaten der Schnittpunkte sind die gesuchten optimalen Werte für B und r.

Der dargestellte Optimalwert soll in einfacher Form auf seine Abhängigkeit von den Eingangsdaten geprüft werden, worüber im zitierten Modell keine Aussage gemacht wird. Dafür sei hier unterstellt, daß sämtliche Ausgangsdaten der Rechnung ihren Wert um $\pm 10\%$ verändern können. Bei einer derartigen Variationsbreite der Ausgangsdaten kann sich der Schnittpunkt der beiden Kurven innerhalb des schraffiert umrandeten Gebietes bewegen. Das bedeutet, daß sich der Wert B im Bereich zwischen sieben und elf Tagen bewegt und der Wert r im Bereich von etwa vier bis acht.

VI.6. Zahlenbeispiele für die Nutzungsstruktur von Datenverarbeitungsanlagen in Bezug auf die Zentraleinheit - zu Abschnitt V.1

Da in den folgenden Beispielen die Abgrenzung zwischen Testanteilen einerseits und produktiven Arbeiten andererseits unbekannt ist, läßt sich weder der Gesamtnutzungsgrad noch der Testgrad errechnen. Die Zahlen sollen lediglich die Größenordnungen der Nutzungsstruktur verschiedener Datenverarbeitungsanlagen erkennen lassen.

VI.6.1. Eine Untersuchung von P. Hofmann¹⁾

Hofmanns Untersuchungen erstrecken sich auf mehrere Großrechenanlagen vom Typ IBM 7090, die auf zwei Betriebsarten arbeiten können.

Bei der einen Betriebsart rüstet man die Datenverarbeitungsanlage vor Beginn einer neuen Arbeit bzw. eines neuen Datenverarbeitungsprozesses wie jede Werkzeugmaschine, z.B. legt man neue Magnetbänder in die Bandgeräte ein. Nach beendetem Prozeß wird die Anlage ausgeschaltet, Magnetbänder werden herausgenommen und die genannten Einrichtearbeiten laufen neu an.

Für die von Hofmann untersuchten Großrechenanlagen ergab sich bei dem oben geschilderten Arbeitsablauf eine prozentuale Aufteilung der Belegungszeit der Anlage in

35 % Rüstzeiten,
42 % Systemvorbereitungszeiten ²⁾ ,
<u>23 % Arbeitszeiten,</u>
100 % gesamte Zeit der Belegung.

Bei der anderen Betriebsart können mehrere Datenverarbeitungsprozesse simultan von der Datenverarbeitungsanlage ausgeführt werden. Es kann auch, während der eine Prozeß ausgeführt wird, die Rüstarbeit für einen anderen Prozeß stattfinden. Bei diesem veränderten Arbeitsablauf verbessert sich die oben angegebene Ausnutzungsstruktur in den Messungen von Hofmann wie folgt:

1) H o f m a n n , P.: Der Wert eines Datenverarbeitungssystems, in: IBM-Nachrichten, Jg. 15 (1965), H. 174, S. 2771 ff.

2) Systemvorbereitungszeiten oder Programmumwandlungszeiten werden z.B. benötigt, wenn man ein Arbeitsprogramm für die Anlage in einer höheren Programmiersprache geschrieben hat (z.B. COBOL = Common Business Oriented Language, FORTRAN = Formula Translating System usw.) und dieses Programm von der Anlage in einem speziellen Durchlauf in die eigentliche Maschinensprache übersetzen läßt.

6 % Rüstzeiten,
52 % Systemvorbereitungszeiten,
<u>42 % Arbeitszeiten,</u>
100 % gesamte Zeit der Belegung.

Diese Betriebsart mit der verbesserten Ausnutzungsstruktur wird jedoch erst durch einen zusätzlichen Anschluß von verschiedenen Einheiten, z.B. Magnetband- oder Magnetplatteneinheiten, und durch Vergrößerung des Hauptspeichers möglich.¹⁾

Mit einer derartigen Vergrößerung der Datenverarbeitungsanlage erhöht sich auch ihr Mietpreis. Damit geht - wie bereits früher angedeutet - ein Teil der scheinbar erzielten Einsparungen infolge verbesserter Auslastungsstruktur durch gestiegene Mietkosten wieder verloren. Wollte man einen aussagekräftigeren Vergleich zwischen den beiden oben dargestellten Ausnutzungsstrukturen durchführen, müßte man die Mietpreise oder die Mietpreisrelationen als Bewertungsfaktor in die Betrachtung mit einbeziehen.²⁾ Der Veröffentlichung von Hofmann sind jedoch die Mietpreise für die untersuchten Anlagen nicht zu entnehmen. Daher kann nach der Veränderung der Datenverarbeitungsanlage nicht gesagt werden, um welchen Preis die Verbesserung der Ausnutzungsstruktur erkaufte wurde.

1) Der Einfachheit wegen werden für die Datenverarbeitungsanlage gleiche Arbeiten bzw. Prozesse der ersten und zweiten Betriebsart unterstellt, da Hofmann selbst keine Angaben über die Struktur der Arbeiten bzw. Prozesse macht. Würde die Prozeßstruktur nicht gleich oder ähnlich sein, könnte man sich auch vorstellen, daß die oben dargestellte Änderung der Prozentsätze allein von einer Änderung der Struktur der Prozesse bewirkt wird.

2) Wie es beispielsweise mit Hilfe der dargestellten verschiedenen Belegungsgrade "I", "A", "MG" versucht wurde und die auch für simultan mehrfach ausgenutzte Datenverarbeitungsanlagen anwendbar sind.

VI.6.2. Eine Untersuchung von J. Diebold¹⁾

Nach einer Untersuchung von Diebold in Deutschland in einem größeren deutschen Unternehmen ergab sich als Aufteilung der Belegungszeiten in der betreffenden Datenverarbeitung:

"Operating, System- und Bedienungszeit	20 Prozent,
Maschinenausfall, Wiederholungsläufe,	
Wartung	10 Prozent,
Datensicherung	11 Prozent,
Test- und Compilerläufe	33 Prozent,
Produktive Zeit	26 Prozent."

Zwar ist ohne detaillierte Kenntnis der einzelnen Zeitabgrenzungen nicht mit Sicherheit zu sagen, welchen zeitlichen Aufwand die Schaffung des speziellen zusätzlichen Vorbereitungsgrades für die neuen Datenverarbeitungsprozesse verursacht, es läßt sich jedoch vermuten, daß der Anteil mit hoher Wahrscheinlichkeit größer als 33 % ist (Test- und Compilerläufe), da Anteile aus der Datensicherung sowie Operating, System- und Bedienungszeit sowie Wartung noch dazugehören dürften.

VI.6.3. Eine Untersuchung von R.W. Fenske²⁾

Mit Hilfe des Multimomentverfahrens ermittelte Fenske für verschiedene von ihm untersuchte Datenverarbeitungsanlagen folgende Belegungsaufteilung:

-
- 1) Zitiert bei B l a u , H.: Stehen unsere Rechenzentren unter Kostendruck?, in: BTA, Jg. 11 (1970), H. 7, S. 418.
 - 2) F e n s k e , R.W.: Work Sampling in the Computer Room, in: Data Processing Magazine, Mai 1966, S. 22, 23, 26, 27, 30, 31.

Nicht verfügbar	7 %,
Rüst- und Einrichtezeiten	10 %,
Stillstand (ohne Handhabung)	30 %,
Produktion	52 %,
<u>Nicht von Fenske angegeben</u>	<u>1 %,</u>
Summe der Zeiten	100 %.

Da Fenske zwar in einer Tabelle seiner Veröffentlichung unter dem Oberbegriff "Processing" die Unterbegriffe "Testing" und "Training" neben "Production" (hier als Produktion ausgewiesen) angibt, im Endergebnis jedoch nur "Production" verzeichnet, kann angenommen werden, daß es in seiner Aufstellung nicht "Production" 52 %, sondern "Processing" 52 % heißen müßte. Darin wären die nicht im Ergebnis ausgewiesenen Arbeiten "Testing" und "Training" enthalten.

Die Angabe von Prozentsätzen in der genannten Veröffentlichung sagt jedoch, ähnlich wie in den Beispielen von Hofmann und Diebold, relativ wenig aus, weil die Prozentsätze nicht erkennen lassen, ob in der Zeit der Auslastung das Leistungsvermögen der Anlage voll oder nur zu einem geringen Teil beansprucht wurde. Die Prozentsätze lassen lediglich erkennen, daß die Anlagen belegt waren und eine nicht näher definierte Leistung erbracht haben.¹⁾

Sucht man Begründungen für den hohen Zeitanteil, den Vorbereitungen haben, findet sich ein erster Hinweis durch die Konzentrationskurven der Belegungs- und Betriebsmittel-Ausführungszeiten von Datenverarbeitungsanlagen.

1) Vgl. auch die Untersuchungen von
B ü h n e , H. , P r e s s m a r , D.B.: Eine empirische Untersuchung zum gegenwärtigen Stand der Datenverarbeitung außer Haus, in: ZfD, Jg. 8 (1970), H. 1, S. 19 - 23, speziell S. 22.

VI.6.4. Eine Untersuchung von P.A. Samet¹⁾

Nach Samet haben Universitäten ein besonderes Problem in der Nutzung ihrer Computer, da wenigen langen Prozessen mit langen Betriebsmittel-Ausführungszeiten²⁾ viele kurze und sehr kurze Prozesse gegenüberstehen. Aus den von Samet angegebenen Werten lassen sich die folgenden Daten für eine Kurve entnehmen, bei der sich zeigt, daß sich die Belegung der Datenverarbeitungsanlage auf einige wenige Prozesse konzentriert:

<u>Prozesse</u> <u>in %</u>	<u>Prozeßzeiten</u> <u>in %</u>
1,4	25,2
9,7	52,5
12,7	58,3
17,1	65,1
23,7	72,9
34,4	82,0
100,0	100,0

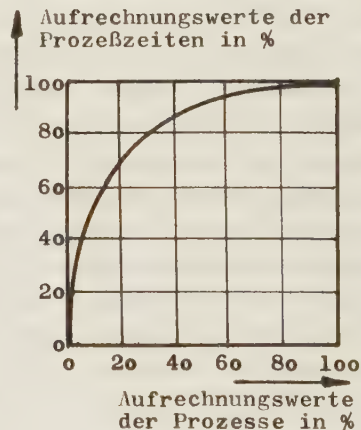


Abb. VI/7: Konzentrationskurve der Prozeßzeiten bei Samet

Aus der Vielzahl kurzer Prozesse folgt die in vielen Datenverarbeitungszentren beobachtete hohe Belegung durch Rüstvorgänge. Zu dieser Konzentrationsdarstellung ist zu sagen, daß sich in industriellen Rechenzentren bei anderen Untersuchungen ähnliche Verhältnisse finden ließen.

1) S a m e t , P.A.: Software Requirements of Universities, in: The Computer Journal, Vol. 11 (1968), S. 236 - 240, insbes. S. 237.

2) Dem Text in der Veröffentlichung nach zu urteilen, dürfte es sich bei den Angaben um Betriebsmittel-Ausführungszeiten handeln.

VI.6.5. Eine Untersuchung im Rechenzentrum eines Industriebetriebes

Für quantitative Untersuchungen in industriellen Rechenzentren standen zwei Gruppen von Datenverarbeitungsanlagen zur Verfügung, von denen jede Gruppe aus zwei weitgehend gleichartigen einzelnen Anlagen bestand. Durch die weitgehende Gleichheit der einzelnen Datenverarbeitungsanlagen innerhalb einer Gruppe konnte das Bedienungspersonal die anfallenden Prozesse beliebig den einzelnen Anlagen zuordnen. Zwischen den beiden Gruppen bestanden jedoch hinsichtlich des quantitativen Leistungsvermögens erhebliche Unterschiede.

Die Gruppe von Datenverarbeitungsanlagen mit dem höheren quantitativen und qualitativen Leistungsvermögen wurde vorwiegend für technisch-wissenschaftliche und nur wenige kommerzielle Prozesse eingesetzt. Die Gruppe von Datenverarbeitungsanlagen mit dem geringeren Leistungsvermögen diente ausschließlich kommerziellen Problemen einfacherer Art. Anzumerken ist, daß die Zahlenwerte aus den industriellen Rechenzentren B e l e g u n g s z e i t e n darstellen, während die Werte aus der Veröffentlichung von Samet Betriebsmittel-Ausführungszeiten sind.

Die Konzentrationswirkung bei den Prozessen der Gruppe von Datenverarbeitungsanlagen, die vorwiegend für technisch-wissenschaftliche Probleme in der betreffenden Unternehmung eingesetzt waren, zeigt sich auf folgende Art:

Aufrechnungswerte der	
Prozesse in %	Belegungszeiten in %
0,2	9,0
1,0	25,5
2,0	36,9
2,5	38,6
63,0	88,0
100,0	100,0

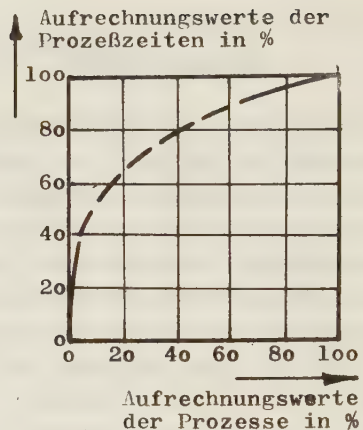


Abb. VI/8: Konzentrationskurve der Belegung durch die Prozesse

Die Gesamtzahl der Prozesse für beide Anlagen gemeinsam betrug rund 700 pro Monat. Gesamte Belegungszeit pro Monat für produktive Arbeiten rund 300 Stunden, ebenfalls für beide Anlagen gemeinsam (also für eine Anlage etwa 150 Stunden).

An der Spitze standen als längste Prozesse die zahlenmäßig geringfügigen kommerziellen Probleme, die von den zwei Datenverarbeitungsanlagen zu lösen waren. Längster Prozeß war eine Verkaufsstatistik mit rund 15 Stunden Belegungszeit. An zweiter Stelle stand eine Betriebsabrechnung mit rund 12 Stunden. Die überwiegende Anzahl der Prozesse diente technisch-wissenschaftlichen Problemen.

Demgegenüber ergab sich für die Prozesse der beiden anderen Anlagen, die ausschließlich kommerziell genutzt wurden, eine geringere Konzentrationswirkung:

Aufrechnungswerte der

Prozesse in %	Belegungszeiten in %
1,0	11,0
2,1	16,5
5,0	25,6
10,0	36,4
15,0	44,0
50,0	76,0
100,0	100,0

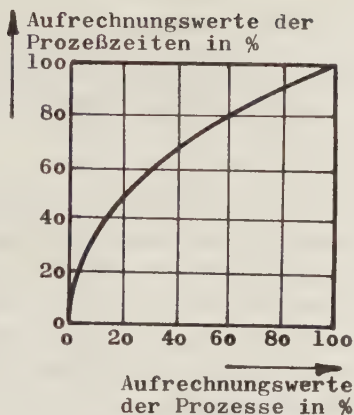


Abb. VI/9: Konzentrationskurve der Belegung durch die Prozesse

Die Gesamtzahl der produktiven Prozesse pro Monat für beide rein kommerziell genutzte Anlagen betrug etwa 680. Die gesamte Belegungszeit pro Monat von beiden Anlagen für produktive Arbeiten betrug nur etwa 166 Stunden.

Hierzu ist anzumerken, daß die außerordentlich geringe Belegungszeit für produktive Arbeiten bei beiden Anlagen zusammen auf einen erheblichen Anteil an Umstellungs- und Testarbeiten während der Einführungsphase zurückzuführen ist.¹⁾

1) Weiterhin ist anzumerken, daß eine Konzentrationskurve der Prozeßzeiten für eine bestimmte Datenverarbeitungsanlage zu einer stärkeren Krümmung neigt als eine Konzentrationskurve der Belegungszeiten für dieselbe Anlage. Die Begründung findet sich in dem für alle Prozesse etwa gleichen Zeitbetrag für Rüst- und Einrichtevorgänge, der in der Belegungszeit enthalten ist. Dieser gleiche Betrag wirkt in Grenzen nivellierend.

VI.7. Zahlenbeispiele für den Gesamtnutzungsgrad GN und Rüstzeitgrad RG

Für die Ermittlung von Zahlenbeispielen des Gesamtnutzungsgrades stand das unter VI.6.5 erwähnte Datenverarbeitungszentrum zur Verfügung. Von den verschiedenen Anlagen wurde nur eine von den beiden kleinen ausgewählt, da bei ihr das Zahlenmaterial am besten zu ermitteln war. Bei den anderen Anlagen wirkten sich Umstellungs- oder Einführungsarbeiten störend in den Daten aus.

Die Zusammensetzung der Anlage:

- eine Zentraleinheit,
- ein kombiniertes Aggregat zum Lesen und Stanzen von Lochkarten,
- ein Schnelldruckaggregat.

Aus dem Belegungsprotokoll der erwähnten Anlage wurde für 18 Monate die jeweilige Anzahl der produktiven¹⁾ Arbeiten oder Prozesse entnommen, die zugehörigen Summen der Belegungszeiten pro Monat und die Summen aller dafür benötigten und aufgenommenen bzw. eingelassenen Lochkarten pro Monat (vgl. dazu die Tafel Nr. 6). Für jeden der 18 betrachteten Monate ergaben sich also drei Zahlen. Faßt man jede dieser drei Zahlen als Koordinatenwert eines dreidimensionalen Raumes auf, so ergeben sich 18 Raumpunkte, die im einfachen Fall auf einer Ebene dieses Raumes liegen (vgl. dazu die Tafel Nr. 7).

In die Gruppe dieser 18 Raumpunkte wurde mit Hilfe der "Methode der kleinsten Summe der Fehlerquadrate" eine Approximationsebene von der Form

$$(53.1) \quad y = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2$$

gelegt, die sich dem Raumpunkten gut annäherte.

1) Produktive Arbeiten sind solche, die einer Weiterverwendung im Unternehmen dienen und die ordnungsgemäß ausgeführt wurden. Mißglückte Prozesse sind aus der Untersuchung eliminiert.

Tafel Nr. 6

1 Zähl-Nr. der Untersuchungs- monate	2 Anzahl der Prozesse x_1 bzw. p	3 Anzahl der Lochkarten in 1000 x_2 bzw. m_E	4 Anzahl der produktiven Belegungs- stunden x bzw. $\sum_i t_{bA/i}$
1	164	1 775	125,5
2	164	1 353	96,9
3	258	1 550	117,5
4	321	1 824	148,3
5	304	1 795	170,5
6	347	2 056	172,7
7	334	1 514	124,9
8	280	1 408	126,8
9	240	1 413	127,6
10	287	1 825	156,9
11	259	1 776	155,1
12	268	2 311	175,9
13	207	1 870	150,4
14	229	2 037	158,9
15	284	1 860	134,3
16	376	2 410	194,3
17	383	2 705	200,4
18	353	2 501	197,3

Zahlenmaterial aus dem Belegungsprotokoll der untersuchten Datenverarbeitungsanlage. Die Bezeichnungen x_1 , x_2 und y entsprechen denen der Gl. (53.1). Für die Bezeichnungen p , m_E und $\sum_i t_{bA/i}$ vgl. S. 260 f.

In der Ebenengleichung bedeuten:

y = Belegungszeit in Stunden pro Monat für sämtliche produktiven Prozesse i ($i = 1, 2, \dots, n$).

Künftig ausgedrückt in der¹⁾ an REFA angelehnten Schreibweise mit $\sum_i \overline{t_{bA/i}}$.

a_0 = Von x_1 und x_2 unabhängige Zeit für Belegungen in Stunden pro Monat.

Künftig mit dem Zeitsymbol $\overline{t_0}$ bezeichnet.

x_1 = Anzahl der pro Monat ausgeführten produktiven Prozesse.

Künftig mit dem Symbol p bezeichnet.

a_1 = Belegungszeit für einen produktiven Prozeß, unabhängig von der Anzahl der zu verarbeitenden Daten (Lochkarten) in Stunden pro produktivem Prozeß. Dieser statistisch-rechnerisch ermittelte Wert dürfte in erster Linie die Betriebsmittel-Rüstzeit der Datenverarbeitungsanlage $\overline{t_{rA}}$ repräsentieren.

Deshalb künftig nur als $\overline{t_{rA}}$ bezeichnet.

x_2 = Anzahl der für produktive Prozesse von der Datenverarbeitungsanlage aufgenommenen Lochkarten in 1000 pro Monat.

Künftig mit dem Symbol m_E bezeichnet.

a_2 = Belegungszeit für 1000 von der Datenverarbeitungsanlage aufgenommene Lochkarten produktiver Prozesse. Dieser statistisch-rechnerisch ermittelte Wert dürfte in erster Linie die Betriebsmittel-Ausführungszeit der Datenverarbeitungsanlage zur Verarbeitung dieser 1000 Lochkarten sein.

Daher künftig nur mit dem Symbol $\overline{t_{aE(1000)}}$ bezeichnet.

Unter Verwendung der angegebenen Symbole wird damit aus Beziehung (53.1) jetzt

$$(54.1) \quad \sum_i \overline{t_{bA/i}} = \overline{t_0} + \overline{t_{rA}} \cdot p + \overline{t_{aE(1000)}} \cdot m_E$$

1) Sämtliche statistisch-rechnerisch ermittelten Größen sind mit einem Querstrich versehen im Gegensatz zu den gemessenen Größen.

Das Rechenergebnis für die Koeffizienten der Approximationsebene lautet:

$$\overline{t_o} = 9,82 \text{ Std/Monat}$$

$$\overline{t_{rA}} = 1,11 \cdot 10^{-1} \text{ Std/Prozeß.}$$

Das sind 6,66 Minuten/Prozeß.

$$\overline{t_{eA}(1000)} = 5,87 \cdot 10^{-2} \text{ Std/1000 aufgenommene Loch-1)}$$

karten. Das sind 17 035 Lochkarten/Std.

Die Summe aller 18 Abstandsquadrate zwischen den Meßwerten und den zugehörigen Rechenwerten der Approximationsebene beträgt

$$\sum_{i=1}^{i=18} (t_{bA/i} - \overline{t_{bA/i}})^2 = 1\,668,1$$

Die mittlere Differenz ist also $\sqrt{1\,668,1 : 18} = 9,61$.

Bezogen auf einen mittleren Rechenwert der Ebene von

$\overline{t_{bA/mitt}} = 153 \text{ Std/Monat}$ sind das etwa 6 %. Der Koeffizient $\overline{t_o} = 9,82$ besagt, daß die Approximationsebene

nicht durch den Koordinatenursprung geht.²⁾ In Tafel Nr. 7

1) Als Nennleistung auf dem Prüfstand gilt:

- für das Lesen von Lochkarten 48 000 Karten/Std,
 - für das Stanzen von Lochkarten 15 000 Karten/Std.
- Nach: IBM, Handbuch Datenverarbeitungssystem IBM 1401, IBM Form 74 856, S. 19. - Die aus den Unterlagen des untersuchten Datenverarbeitungszentrums entnommenen Werte für Lochkarten betreffen fast ausschließlich gelesene Lochkarten. Der Anteil der gestanzten Lochkarten war sehr gering, konnte jedoch nicht exakt angegeben werden.

Die Leistung des Schnelldruckers wurde nicht ermittelt. Sie läßt sich jedoch aus den gelesenen Lochkarten abschätzen, da man etwa für jede gelesene Lochkarte eine Druckzeile annehmen darf. Damit wird die Schreibleistung des Schnelldruckers rund 17 000 Druckzeilen/Std gegenüber einer Schreibleistung auf dem Prüfstand von 36 000 Druckzeilen/Std. Vgl. dazu B e r e s k a, D.: Was bestimmt die effektive Schreibleistung von Schnelldruckern bei Datenverarbeitungsanlagen?, in: Das rationelle Büro, 1961, H. 4, S. 217 - 223.

2) Siehe S. 262.

erkennt man diesen Tatbestand daran, daß die Schnittgeraden der Approximationsebene mit den Ebenen $y=x_1$ und $y=x_2$ oberhalb vom Koordinatenursprung die Ordinate y schneiden.

In Tafel Nr. 8 sind mit Hilfe der ermittelten Koeffizienten der Approximationsebene verschiedene Rechenwerte für alle 18 Monate angegeben. So sind für sämtliche 18 Monate die Rechenwerte der monatlichen Belegungszeiten gemäß der Approximationsebene aufgeführt (Spalte 2) $\bar{t}_{bA/i}$ sowie die Differenzen zwischen den errechneten Belegungszeiten und den gemessenen Belegungszeiten in Stunden pro Monat (Spalte 3) und in % (Spalte 4). Mit Hilfe der errechneten Betriebsmittelzeit je Einheit von 1000 Lochkarten ($\bar{t}_{eA(1000)}$) und der aus dem Protokoll der Datenverarbeitungsanlage bekannten Anzahl aufgenommener Lochkarten m_E läßt sich die Betriebsmittel-Ausführungszeit für die durchgeführten produktiven Prozesse ermitteln (Spalte 5). Entsprechend läßt sich mit Hilfe der errechneten Rüstzeit je Prozeß ($\bar{t}_{rA}$) und der aus dem Protokoll der Anlage bekannten Anzahl produktiver Prozesse p die monatliche Rüstzeit für produktive Prozesse bestimmen (Spalte 6).

Damit läßt sich für den untersuchten Zeitraum der Gesamtnutzungsgrad und der Rüstzeitgrad errechnen, wobei für den Gesamtnutzungsgrad die theoretische Einsatzzeit innerhalb der untersuchten Periode festzulegen ist. Um ei-

Anm. 2 von S. 261:

Das bedeutet - falls eine Annäherung durch eine Ebene mit linearer Funktion die Gegebenheiten am besten wiedergibt -, daß die betrachtete Datenverarbeitungsanlage jeden Monat im Durchschnitt 9,82 Stunden für produktive Prozesse belegt war, ohne daß in dieser Zeit ein produktiver Prozeß ausgeführt wurde. - Ein Schnittpunkt zwischen der Approximationsebene und dem positiven Teil der Ordinate (belegte Stunden) ist auch denkbar, wenn die Meßwerte am Anfang des Beobachtungszeitraumes näher am Koordinatenursprung liegen als jene vom Ende des Beobachtungszeitraumes (d.h. über den Beobachtungszeitraum wuchs die Anzahl der monatlich ausgeführten Prozesse) und sich dabei ein Lerneffekt bemerkbar macht.

Tafel Nr. 8

1	2	3	4	5	6
Zähl-Nr.	Rechenwert	Differenz (Abstand) zwischen Meß- und Rechenwert		Rechenwert für alle Betriebsmittelausführungszeiten ¹⁾	für alle Rüstzeiten ²⁾
	$\overline{\sum_i t_{bA/i}}$	$\overline{\sum_i t_{bA/i}}$	$-\overline{\sum_i t_{bA/i}}$		
	in Std/Mon	in Std/Mon	in %	in Std/Mon	in Std/Mon
1	137,2	- 11,7	9	104,2	18,20
2	117,4	- 20,5	17	89,4	18,20
3	129,5	- 12,0	9	91,0	28,64
4	152,5	- 4,2	2	107,1	35,63
5	148,8	+ 21,7	15	105,3	33,74
6	169,0	+ 3,7	2	120,7	38,52
7	135,8	- 10,9	8	88,9	37,07
8	123,6	+ 3,2	3	82,6	31,08
9	119,4	+ 8,2	7	82,9	26,64
10	148,8	+ 8,1	5	107,1	31,86
11	142,8	+ 12,3	9	104,3	28,75
12	175,2	+ 0,7	0	135,7	29,75
13	142,6	+ 7,8	5	109,8	22,98
14	154,8	+ 4,1	3	119,6	25,42
15	150,2	- 15,9	11	109,2	31,52
16	193,0	+ 1,3	1	141,5	41,74
17	211,1	- 10,7	5	158,8	42,51
18	195,8	+ 1,5	1	146,8	39,18
Summe:	2 747,5			2 004,9	561,43

1) $m_E \cdot \overline{t_{eA(1000)}} = m_E \cdot 5,87 \cdot 10^{-2}$ in Stunden pro Monat.

2) $p \cdot \overline{t_{rA}} = p \cdot 1,11 \cdot 10^{-1}$ in Stunden pro Monat.

Verschiedene Rechenwerte aus der Approximationsebene, die mit Hilfe der ermittelten Koeffizienten gebildet sind.

nen Vergleich mit einer RKW-Untersuchung¹⁾ für industrielle Produktionsaggregate zu ermöglichen, wird die errechnete Betriebsmittel-Ausführungszeit auf dieselbe Basis jener Untersuchung bezogen, nämlich auf 365,25 Tage pro Jahr mit je 24 Stunden, d.h. 8 766 Stunden pro Jahr oder - wie im hier untersuchten Beispiel - auf 13 149 Stunden pro 18 Monate, was ebenfalls einem Tageseinsatz von theoretisch 24 Stunden gleichkommt.

Dann ergibt sich ein Gesamtnutzungsgrad von

$$GN = 2\,004,9 / 13\,149 = 0,153 \text{ bzw. } 15,3 \% ^{2)}$$

Für den Rüstzeitgrad läßt sich ermitteln:

$$RG = 561,43 / 2\,747,5 = 0,204 \text{ bzw. } 20,4 \%$$

1) K ö h l i n g e r , H.: Anlagenwirtschaft, Heidelberg 1969, S. 19.

2) Die RKW-Untersuchung ermittelte einen zeitlichen Gesamtnutzungsgrad von 20,4 %, wenn von einer theoretischen Einsatzzeit von maximal 8 766 Stunden pro Jahr ausgegangen wird. Der Gesamtnutzungsgrad für 3 300 untersuchte Werkzeugmaschinen streut zwischen 8 % bei Stoß- und Nutzenziehmaschinen und 41 % bei Langhobel- und Fräsmaschinen.

K ö h l i n g e r , H.: Anlagenwirtschaft, a.a.O., S. 19.

VI.8. Zahlenbeispiele für die prozeß- und periodenbezogenen Belegungsgrade der Grobstruktur des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen

Für quantitative Untersuchungen standen drei verschiedene Datenverarbeitungsanlagen und zugehörige Unterlagen zur Verfügung. Die Zusammensetzung der drei Datenverarbeitungsanlagen (künftig mit A1, A2 und A3 bezeichnet)¹⁾ ist der Tabelle in Tafel Nr. 9 zu entnehmen. Für jedes Aggregat ist die monatliche Grundmiete für 182 Stunden Arbeitszeit²⁾ angegeben.

Verschiedene Aggregategruppen dieser Anlagen benötigen für ihre Funktion eine zusätzliche Steuereinheit, die nicht in der Zentraleinheit enthalten ist. In einigen Fällen ist die Steuereinheit ein selbständiges Aggregat, in anderen ist sie in eines der zu steuernden Aggregate eingebaut, dient aber trotzdem mehreren gleichzeitig. Für die Ermittlung der Kennzahlen werden die Grundmieten der Steuereinheiten durch Schlüsselung den von ihnen zu steuernden Aggregaten zugerechnet, so daß für die Steuereinheit selbst als Grundmiete der Wert Null bleibt. Als Schlüssel dient die Anzahl der zu steuernden Aggregate, bei Magnetbandgeräten sind es die zu steuernden Laufwerke. Durch die Schlüsselung entstehen fiktive Grundmieten für die peripheren Aggregate. In der Tafel Nr. 9 sind neben den realen Grundmieten auch die fiktiven Werte enthalten. Sämtliche Werte sind auf 10.-- DM gerundet. Durch Umschlüsselung und Rundung entstehen Differenzen auch in den Summenwerten zwischen realer Grundmiete und fiktiver Grundmiete.³⁾ Die Differenzen sind jedoch geringer als 1 Promille der Grundmiete.

1) A1 und A2 sind Anlagen vom Typ IBM 1401, A3 ist eine Anlage vom Typ IBM /360.

2) Vgl. Abschnitt II.2.

3) Differenzen würden auch entstehen, wenn man nicht gerundete Grundmieten der Steuereinheiten aufschlüsseln würde.

Bezeichnung des Hauptaggregates	Monatliche Grundmiete, gerundet auf 10 DM				
	A1 real u. fiktiv	A2 real	A2 fiktiv	A3 real	A3 fiktiv
Zentraleinheit	11.920	21.150	21.150	38.240	38.240
Steuereinheit für Lochkarten- aggregat und Drucker	-	-	-	4.880	0
Lochkartenaggre- gat	2.910	2.800	2.800	3.000	5.440
Schnelldrucker	5.300	5.030	5.030	4.420	6.860
Steuereinheit für Magnetplat- tenaggregate	-	-	-	2.930	-
Magnetplatten- aggregat für A2 mit ein- gebaute Steuer- einheit	-	5.030	2.570	2.520	3.250
Magnetplatten- aggregat	-	1.750	2.570	2.520	3.250
Magnetplatten- aggregat	-	1.750	2.570	2.520	3.250
Magnetplatten- aggregat	-	1.750	2.570	2.520	3.250
Magnetbandaggre- gat mit einem Laufwerk und eingebauter Steuereinheit	-	3.430	3.320	6.910	3.110
Magnetbandaggre- gat mit einem Laufwerk mit zwei Lauf- werken	-	3.280	3.320	4.310	6.210
Magnetbandaggre- gat mit einem Laufwerk mit zwei Lauf- werken	-	3.280	3.320	4.310	6.210
Magnetbandaggre- gat mit einem Laufwerk	-	3.280	3.320	-	-
Summe der Grund- mieten real und fiktiv	20.130	52.530	52.540	79.080	79.070

Zusammensetzung der drei untersuchten Anlagen mit ihren realen und fiktiven Grundmieten

Mit den angegebenen Grundmieten läßt sich der minimale innere Belegungsgrad gemäß (40.1) ermitteln. Er hat für reale und fiktive Grundmieten gleiche Werte.

	A ₁	A ₂	A ₃
i _{min} =	$\frac{11.920}{20.130} = 0,54$	$\frac{21.150}{52.530} = 0,40$	$\frac{38.240}{79.080} = 0,48$

VI.8.1. Prozeßbezogene vollständige oder innere und äußere Belegungsgrade

Vier Prozesse sollen als Zahlenbeispiele für den vollständigen oder inneren und äußeren Belegungsgrad berechnet werden. Es bedeutet für den betrachteten Prozeß:

➡ = Daten übertragen nach

1. Beispiel: Phase der Datenaufnahme

Für A1 Von Lochkarte ➡ Hauptspeicher

Für A2 Von Lochkarte ➡ Hauptspeicher ➡ Magnetband
und A3

2. Beispiel: Phase der Datenabgabe

Für A1 Vom Hauptspeicher ➡ Druckerliste

Für A2 Vom Magnetband ➡ Hauptspeicher ➡ Druckerliste
und A3

3. Beispiel: Phase der Datentransformation

Für A1 Sortieren oder Berechnen im Hauptspeicher

Für A2 Sortieren mit Hauptspeicher und insgesamt vier
und A3 Magnetbandlaufwerken

4. Beispiel: Zusammengefaßte Phasen von Datenaufnahme und -abgabe

Für A1 Von Lochkarte ➡ Hauptspeicher ➡ Druckerliste

Für A2 Von Lochkarte ➡ Hauptspeicher ➡ Magnetband 1
und A3
von Magnetband 2 ➡ Hauptspeicher ➡ Druckerliste

Bei Anlage 1 ist eine Datenspeicherung auf einem peripheren Speicheraggregat nicht möglich. Damit sind auch Datenaufnahme- und Datenabgabephase nicht vergleichbar mit denjenigen von A2 und A3. Bei A1 besteht die Aufnahmephase lediglich aus der Übertragung einer kleinen Anzahl von Daten aus Lochkarten in den Hauptspeicher. In der Datenabgabephase kann entsprechend nur eine begrenzte Anzahl von Daten aus dem Hauptspeicher in eine zu stanzen- de Lochkarte oder auf eine zu druckende Liste übertragen werden. Entsprechendes gilt für die Phase der Datentransformation. Der Sortiervorgang kann bei A1 nur im Hauptspeicher für eine begrenzte Anzahl von Daten ausgeführt werden. Damit sind die Zahlen von A1 einerseits und A2 und A3 andererseits nicht ohne weiteres vergleichbar.

Bei der Berechnung der prozeßbezogenen Belegungsgrade der vier Beispiele treten lediglich Zahlen der Werte $t_{ak} = t_{a2}$ und $t_{ak} = 0$ auf.

Beispiele	A1		A2		A3	
	i	a	i	a	i	a
1. Daten- aufnahme	0,74	0,43	0,52	0,20	0,59	0,21
2. Daten- abgabe	0,86	0,70	0,56	0,27	0,61	0,25
3. Datentrans- formation	0,54	0,00	0,66	0,43	0,64	0,31
4. Zusammen- fassung	1,00	1,00	0,68	0,47	0,72	0,46

Tabelle der errechneten prozeßbezogenen inneren und äusseren Belegungsgrade

Die etwa gleichartige Grobstruktur von A2 und A3 läßt für gleiche Prozesse ähnliche Belegungsgrade ermitteln. Von ihnen weichen die Belegungsgrade der Anlage 1 deutlich ab.

VI.8.2. Periodenbezogene vollständige oder innere und äußere Belegungsgrade sowie Mietebelegungsgrade

Periodenbezogene Belegungsgrade sind aus Werten der Zeit-
zähler der Datenverarbeitungsanlage A3 errechnet. Zwei
Berechnungsverfahren wurden angewendet. Einerseits ist
mit realen Mietewerten gerechnet worden, andererseits
mit fiktiven.¹⁾ Bei der Rechnung mit realen Mietewerten
wurden alle Steueraggregate wie selbständige Einheiten
behandelt. Bei der Rechnung mit fiktiven Mietewerten
sind die realen Mietewerte der Steueraggregate auf die
von ihnen gesteuerten Hauptaggregate nach deren Anzahl
umgerechnet worden. Die Ergebnisse sind in Tafel Nr. 10
dargestellt.

Aus der Darstellung von Tafel Nr. 10 läßt sich erkennen,
daß die Kennzahlen I und A bei der Berechnung mit fikti-
ven Mietewerten empfindlicher auf Änderungen der Bele-
gungsstruktur reagieren als bei Berechnungen mit realen
Mietewerten. Für den Mietebelegungsgrad M_{Gist} ist eine Be-
rechnung mit fiktiven Werten nicht sinnvoll.²⁾

Wendet man den Blick zum industriellen Produktionsprozeß,
so sollten Zusatzeinrichtungen zu einem Produktionsaggre-
gat, die vergleichbar den peripheren Aggregaten einer Da-
tenverarbeitungsanlage sind, ebenfalls eine weitgehende
Verwendung im Produktionsprozeß finden und nicht unge-
nutzt bleiben.³⁾ Man kann daher grundsätzlich den voll-
ständigen oder inneren wie auch den äußeren Belegungs-

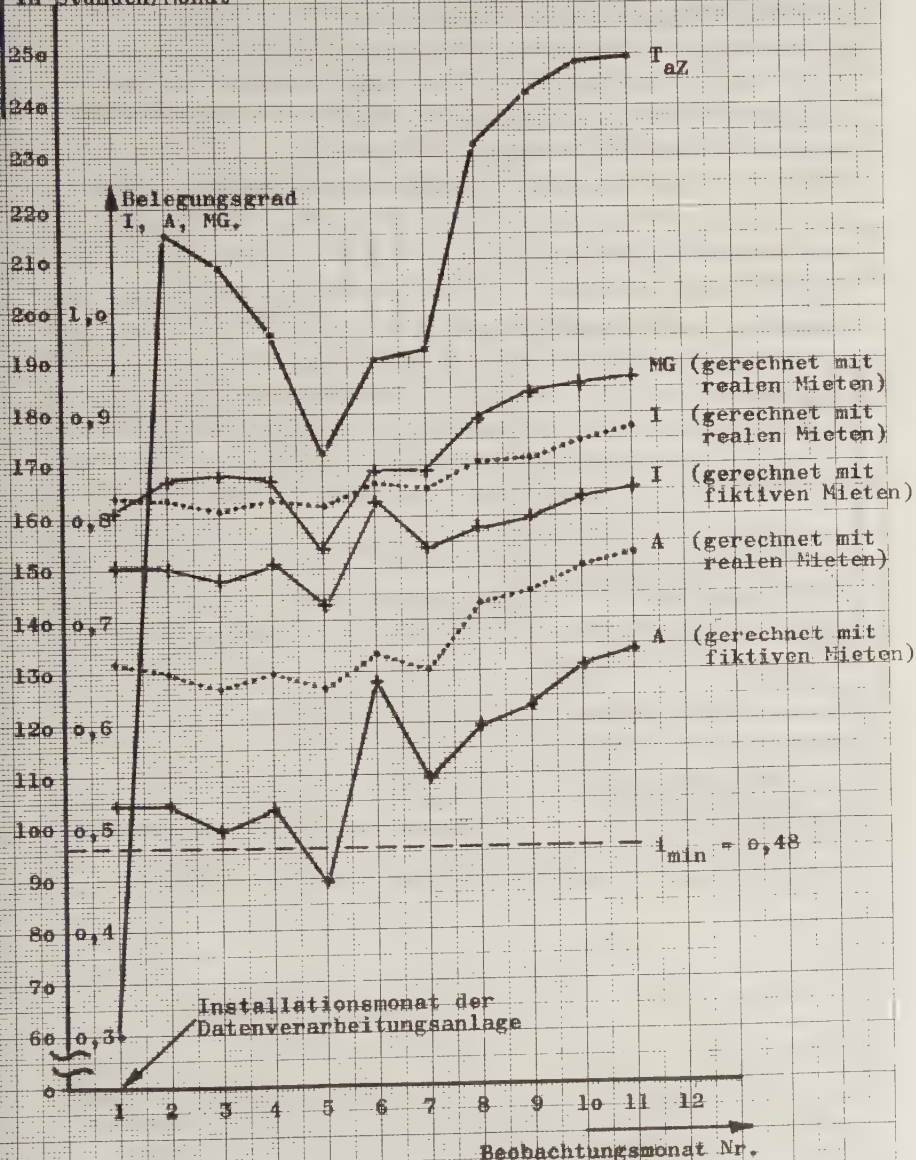
1) Vgl. dazu Kapitel V.4, S. 227 ff.

2) Das ist in erster Linie darin begründet, daß eine Um-
lage von Überstundenmieten der Steuereinheiten nicht
ohne zusätzliche willkürliche Definitionen erfolgen
kann. Welchem gesteuerten Aggregat sollte man auf der
Basis der vollen Grundmiete einen Anteil zurechnen
und welchem Aggregat die zusätzlichen Überstunden?
Außerdem würde das Rechenverfahren zusätzlich er-
schwert werden, da u.U. jeden Monat ein anderer Miete-
wert der Steuereinheit umgeschlüsselt werden müßte.

3) Vgl. REFA (Hrsg.): Methodenlehre ..., Teil 3, a.a.O.,
S. 170.

Verlauf von Belegungszeit der Zentraleinheit und
verschiedenen Belegungsgraden im Beobachtungszeitraum

Zählerzeit der Zentraleinheit T_{az}
in Stunden/Monat



grad als Kennzahl auf produktionstechnische Aggregate anwenden. Für einen Revolver-Drehautomaten und seine Zusatzeinrichtungen sollen diese Kennzahlen als Vergleich zu Datenverarbeitungsanlagen berechnet werden. Die Zeitwerte der Belegung stammen dabei aus statistischen Untersuchungen und aus Angaben der betreffenden Arbeitsvorbereitung in dem untersuchten Unternehmen, die Kaufpreise sind aus Prospekten entnommen bzw. mußten durch Schätzungen ergänzt werden. Wie aus den Zahlen zu erkennen, waren die Zusatzeinrichtungen Nr. 2 bis 5 der Tabelle nur relativ selten im Einsatz.

Daten der Produktionsaggregate:

Aggregat	Preis in DM ¹⁾	monatl. Betriebsmittel-Ausführungszeit in Std/Mon	$M_Z \cdot T_{aZ}$ bzw. $M_k \cdot T_{ak}$ (gerundet)
1. (Grund-)Drehmaschine mit Antrieb	18.500	240	$4\ 440 \cdot 10^3$
2. Antrieb für Schlitz- und Muttereinrichtung	400	84	$34 \cdot 10^3$
3. Schlitzeinrichtung	500	72	$36 \cdot 10^3$
4. Muttereinrichtung	1.200	12	$14 \cdot 10^3$
5. Schwingende Langdreheinrichtung	700	48	$34 \cdot 10^3$
(Summe)	21.300		$5\ 558 \cdot 10^3$

1) Anstelle der Mietwerte von Datenverarbeitungsanlagen, wobei die (Grund-)Drehmaschine als Zentraleinheit zu betrachten ist. Ihre Zeit entspricht der Zeit T_{aZ} .

Mit den dargestellten Werten ergibt sich als minimaler Belegungsgrad

$$i_{\min} = \frac{18.500}{21.300} = 0,869$$

und als vollständiger periodenbezogener Belegungsgrad

$$I = \frac{4.558 \cdot 10^3}{21.300 \cdot 240} = \frac{4.558 \cdot 10^3}{5.112 \cdot 10^3} = 0,892$$

Bei Aggregaten der industriellen Produktion, deren Zusatzaggregate wertmäßig nur von relativ geringer Bedeutung sind, wie in dem dargestellten Beispiel, wird man sich nur in den seltensten Fällen die Mühe machen, eine Berechnung der zeitlichen Nutzung entsprechend den dargestellten Kennzahlen auszuführen. Anders jedoch in denjenigen Fällen, wo Zusatzaggregate wertmäßig eine größere Rolle spielen. Bei Datenverarbeitungsanlagen wird der wertmäßige Anteil der peripheren Aggregate durchweg relativ hoch liegen, so daß eine Prüfung deren zeitlicher Nutzung fast immer von Interesse sein dürfte.

A N H A N G

Bildung der partiellen Differentialquotienten von Beziehung (26.2) nach Einsetzen der Ausdrücke (12.2), (20.1), (23.1), (25.1) und (13.1), nach Auflösen der Klammern und Vereinfachen der Faktoren 240 und 1/60 zu 4.

$K_{ges} =$	$K_{ges} =$	$\partial K_{ges} / \partial B =$	$\partial K_{ges} / \partial r =$
$K_{bA/B/J}$	$+t'_{uA/B} \cdot \frac{4 \cdot MS}{B}$	$-t'_{uA/B} \cdot \frac{4 \cdot MS}{B^2}$	0
	$+m_E \cdot t_{eA/E} \cdot 4 \cdot MS$	0	0
	$+m_A \cdot t_{eA/A} \cdot 4 \cdot MS$	0	0
+			
$K_{bA/H1/J}$	$+t_{uA/H1} \cdot \frac{4 \cdot MS}{B}$	$-t_{uA/H1} \cdot \frac{4 \cdot MS}{B^2}$	0
	$+m_E \cdot t_{eA/H1} \cdot 4 \cdot MS$	0	0
+			
$K_{bA/H2/J}$	$+t_{uA/H2} \cdot \frac{4 \cdot MS}{B}$	$-t_{uA/H2} \cdot \frac{4 \cdot MS}{B^2}$	0
	$-t_{uA/H2} \cdot \frac{4 \cdot MS}{r \cdot B}$	$+t_{uA/H2} \cdot \frac{4 \cdot MS}{r \cdot B^2}$	$+t_{uA/H2} \cdot \frac{4 \cdot MS}{r^2 \cdot B}$
	$+m_E \cdot t_{eA/H1} \cdot r \cdot 4 \cdot MS$	0	$+m_E \cdot t_{eA/H1} \cdot 4 \cdot MS$
	$+m_E \cdot t_{eA/H1} \cdot 4 \cdot MS$	0	0
	$-2 \cdot m_E \cdot t_{eA/H1} \cdot \frac{4 \cdot MS}{r}$	0	$+2 \cdot m_E \cdot t_{eA/H1} \cdot \frac{4 \cdot MS}{r^2}$
+			
$K_{bA/H3/J}$	$+t_{uA/H3} \cdot \frac{4 \cdot MS}{r \cdot B}$	$-t_{uA/H3} \cdot \frac{4 \cdot MS}{r \cdot B^2}$	$-t_{uA/H3} \cdot \frac{4 \cdot MS}{r^2 \cdot B}$
	$+m_E \cdot t_{eA/H3} \cdot 4 \cdot MS$	0	0
+			
K_L	$+ K_{L/0} + k \cdot B$	$0 + k$	$0 + 0$
		$= 0$	$= 0$

Anhang zu Seite 205

Einige von REFA empfohlene Kennzahlen

1) Allgemeine betriebswirtschaftliche Kennzahlen
(2/428 f)¹⁾

$$\begin{aligned} \text{Fertigungsgrad (oder Nutzungsgrad)} &= \\ &= \frac{\text{Fertigungszeiten}}{\text{Fertigungszeiten} + \text{Hilfszeiten}} \cdot 100 \% \end{aligned}$$

Darin bedeuten:

Fertigungszeiten = vorgegebene oder abgerechnete
Zeiten für einen Auftrag.

Hilfszeiten = Außerplanmäßig aufgetretene,
keinem Auftrag zurechenbare
Zeiten oder Zeiten für Arbei-
ten, die der Erhaltung der
Betriebsbereitschaft dienen.

$$\begin{aligned} \text{Beschäftigungsgrad} &= \\ &= \frac{\text{Fertigungs-} + \text{Hilfs-} \quad \text{Zeiten für}}{\text{zeiten} \quad \text{zeiten} \quad \text{außer Einsatz}} \cdot 100 \% \\ &\quad \text{Theoretische Einsatzzeit} \end{aligned}$$

2) Kennzahlen zum Einsatz des Menschen (2/430 f)

Zeitgrad des Menschen

$$= \frac{\text{Summe der Vorgabezeiten in einer Periode}}{\text{Summe der Ist-Zeiten in einer Periode}} \cdot 100 \%$$

Rüstzeitgrad =

$$= \frac{\text{Rüstzeiten}}{\text{Rüst-} + \text{Ausführungszeiten}} \cdot 100 \%$$

1) (2/428 f) = REFA (Hrsg.): Methodenlehre ..., Teil 2, a.a.O., S. 428 f.
Entsprechend bei den folgenden Quellenhinweisen für die von REFA empfohlenen Kennzahlen.

Darin bedeuten:

Ausführungs-
zeit t_a = $m \cdot t_e$ = Anzahl der Einheiten mal
Zeit je Einheit t_e . Die Zeit je Ein-
heit setzt sich ihrerseits zusammen
aus der Grundzeit t_g , der Erholungs-
zeit t_{er} , die auf die Einheit bezo-
gen wird, und der Verteilzeit t_v .¹⁾

3) Kennzahlen zum Einsatz des Betriebsmittels (2/433 f)

Hauptnutzungsgrad =

$$= \frac{\text{Hauptnutzungszeit}}{\text{Theoretische Einsatzzeit}} \cdot 100 \%$$

Gesamtnutzungsgrad =

$$= \frac{\text{Hauptnutzungs-} + \text{Nebennutzungs-} + \text{Unterbre-} \\ \text{zeiten} \quad \text{zeiten} \quad \text{chungszeiten}}{\text{Theoretische Einsatzzeit}} \cdot 100 \%$$

1) Vgl. dazu REFA (Hrsg.): Methodenlehre ..., Teil 2, a.a.O., S. 42 ff.

Anhang zu den Seiten 207 ff

Übersicht über die Kennzahlen und Hinweise zu deren Reaktion auf Veränderungen der Belegungssituation

Nutzungskennzahlen der Zentraleinheit

1) Gesamtnutzungsgrad gemäß (34.1)

$$GN = \frac{\sum_i t_{aA/i}}{T_{th}}$$

2) Rüstzeitgrad gemäß (35.1)

$$RG = \frac{\sum_i t_{rA/i}}{\sum_i (t_{rA/i} + t_{aA/i})}$$

3) Testzeitgrad gemäß (36.1)

$$TG = \frac{\sum_i t_{bA/t/i}}{T_{th}}$$

Kennzahlen für die Belegung der Grobstruktur des Leistungsvermögens von Gesamtanlagen

4) Prozeßbezogener vollständiger oder innerer Belegungsgrad gemäß (39.1)

$$i = \frac{\sum_k (M_k \cdot t_{ak}) + M_Z \cdot t_{aZ}}{M_{ges} \cdot t_{aZ}}$$

- 5) Minimaler Belegungsgrad gemäß (40.1)

$$i_{\min} = \frac{M_Z}{M_{\text{ges}}}$$

- 6) Periodenbezogener vollständiger oder innerer Belegungsgrad gemäß (42.1)

$$I = \frac{\sum_k (M_k \cdot T_{ak}) + M_Z \cdot T_{aZ}}{M_{\text{ges}} \cdot T_{aZ}}$$

- 7) Prozeßbezogener äußerer Belegungsgrad gemäß (43.2)

$$a = \frac{\sum_k M_k \cdot t_{ak}}{\sum_k M_k \cdot t_{aZ}}$$

- 8) Periodenbezogener äußerer Belegungsgrad gemäß (44.2)

$$A = \frac{\sum_k M_k \cdot T_{ak}}{\sum_k M_k \cdot t_{aZ}}$$

- 9) Mietebelegungsgrad gemäß (50.1)

$$MG = \frac{\sum_{k/s} (M_{k/s} \cdot T_{ak/s}) + \sum_{k/\ddot{u}} \{M_{k/\ddot{u}} [T_{S1} + (T_{ak/\ddot{u}} - T_{S1}) \cdot f]\}}{\sum_{k/s} (M_{k/s} \cdot T_{S1}) + \sum_{k/\ddot{u}} \{M_{k/\ddot{u}} [T_{S1} + (T_{ak/\ddot{u}} - T_{S1}) \cdot f]\}}$$

Folgend soll kurz dargestellt werden, wie die angegebenen Kennzahlen auf Veränderungen der Belegungssituation reagieren. Eine Prüfung in dieser Richtung ist vergleichbar mit einem Funktionstest eines technischen Meßgerätes. Für diesen Zweck seien hier ausgewählt:

- a) Beschäftigungsveränderungen,
- b) Anpassungen des Verfahrens an ein gegebenes Leistungsvermögen auf der Basis des Reziprozitätsgesetzes der Programmierung und
- c) Zusammenfassungen gemäß Typ 1.¹⁾

In der folgenden Anhang-Übersicht Nr. 1 werden die Nutzungskennzahlen der Zentraleinheit mit den Veränderungen ihres Zahlenwertes bei Veränderung der von ihnen dargestellten Situation angegeben. Für die Veränderungen der Situation gelten folgende Unterstellungen:

- zu a) Unterstellt sei eine wachsende Beschäftigung durch wachsende Datenmengen für alle Prozesse.
- zu b) Unterstellt sei, daß sämtliche Prozesse den vorhandenen Hauptspeicherplatz noch nicht voll ausnutzen und eine Anpassung auf der Basis des Reziprozitätsgesetzes der Programmierung möglich ist.
- zu c) Unterstellt sei, daß die vorhandenen Prozesse programmtechnisch zu kleineren oder größeren Gruppen zusammengefaßt werden können.

Für alle genannten Veränderungen sind mit den Unterstellungen einzelne gegenläufige Tendenzen ausgeschlossen. In der folgenden Anhang-Übersicht Nr. 1 sind zu den dargestellten Fällen die entsprechenden Erläuterungen angegeben. Nicht dargestellt ist der Testzeitgrad, da für ihn keinerlei Zusammenhänge mit Beschäftigungsveränderungen, mit Anpassungen des Verfahrens an ein gegebenes Leistungsvermögen auf der Basis des Reziprozitätsgesetzes der Programmierung oder mit Zusammenfassungen gemäß Typ 1 gegeben sind. Wie lange und wie häufig getestet werden muß, hängt in erster Linie von der Qualität des Programmiers und vom Problem ab.

Nach der Prüfung, wie die Nutzungskennzahlen der Zentraleinheit auf Veränderungen der von ihnen dargestellten Situation mit Veränderungen ihres Zahlenwertes reagieren, soll die entsprechende Reaktion der Kennzahlen für die Belegungsstruktur der Gesamtanlage dargestellt werden:

1) Vgl. S. 89 ff.

Veränderung der Situation durch ...			
... steigende Datenmengen, d.h. steigende Beschäftigung bei gleicher Anzahl der Prozesse.	Vgl. dazu S. 80 ff.	... Anpassung auf der Basis des Reziprozitätssatzes der Programmierung, d.h. nicht voll ausgenutzter Hauptspeicherplatz wird voll ausgenutzt.	... programmtechnische Zusammenfassung mehrerer Prozesse zu einem Prozeß.
Gesamtnutzungsgrad: $GN = \frac{\sum_i t_{aA/i}}{T_{th}}$	Gesamtnutzungsgrad steigt, weil Betriebsmittel-Ausführungszeiten je Prozeß steigen.	Gesamtnutzungsgrad sinkt, weil Betriebsmittel-Ausführungszeiten je Prozeß sinken. Damit steigt also das freie, ungenutzte Leistungsvermögen mit (1 - GN).	Gesamtnutzungsgrad sinkt, weil Betriebsmittel-Ausführungszeiten durch Wirkung der zeitlichen Konzentration des Ablaufs sinken. Damit steigt also das freie, ungenutzte Leistungsvermögen (1 - GN).
Rüstzeitgrad: $RG = \frac{\sum_i t_{rA/i}}{\sum_i (t_{rA/i} + t_{aA/i})}$	Rüstzeitgrad sinkt, weil bei konstanten Rüstzeiten Betriebsmittel-Ausführungszeiten steigen.	Rüstzeitgrad steigt, weil bei konstanten Rüstzeiten Betriebsmittel-Ausführungszeiten sinken.	Tendenz nicht vorauszusagen, da nicht nur weniger Rüstzeiten anfallen, sondern Betriebsmittel-Ausführungszeiten ebenfalls geringer werden.

Vgl. dazu S. 89 ff.

Reaktion des prozeßbezogenen vollständigen oder inneren Belegungsgrades i und des äußeren Belegungsgrades a

Beide Kennzahlen geben - wie eingangs dargelegt - Zahlenwerte über die Belegung der Grobstruktur des Leistungsvermögens einer Datenverarbeitungsanlage während eines Prozesses.

Ändert sich gemäß Annahme a) die Beschäftigung durch einen erhöhten Datenanfall, kann der Wert der Kennzahl keine Änderung erfahren, da die Anzahl der für den betreffenden Prozeß eingesetzten Aggregate durch das Programm festliegt und durch sich ändernde Datenmengen nicht beeinflusst werden kann. Die mit dem Datenanfall sich ändernde Betriebsmittel-Ausführungszeit verändert den Zahlenwert des Zählers und Nenners beider Kennzahlen in jeweils gleichem prozentualem Verhältnis, so daß auch hierdurch keine Veränderung des Quotienten erfolgen kann. Die Kennzahlen i und a sind also invariant gegen Veränderungen der Beschäftigung, was gemäß der Definition auch von ihnen gefordert werden muß.

Ändert man gemäß Annahme b) die Anpassung des Verfahrens auf der Basis des Reziprozitätsgesetzes der Programmierung, so erfolgt damit lediglich eine Veränderung der Belegung des Hauptspeicherplatzes. Bei verbesserter Anpassung wird der Hauptspeicherplatz zu einem höheren Grade ausgenutzt. Damit erfährt die Zusammensetzung der für den betreffenden Prozeß eingesetzten Aggregate keine Änderung. Die sich ändernde Betriebsmittel-Ausführungszeit hat - wie bei Beschäftigungsveränderungen - ebenfalls keinen Einfluß auf den Zahlenwert beider Kennzahlen. Die Kennzahlen i und a, die die prozeßbezogene Belegung der Grobstruktur des Leistungsvermögens von Datenverarbeitungsanlagen wiedergeben, sind also ebenfalls invariant gegen Veränderungen, die lediglich die Feinstruktur des Leistungsvermögens betreffen.

Faßt man gemäß Annahme c) mehrere Prozesse programmtechnisch zu einem Prozeß zusammen, sind die prozeßbezogenen Kennzahlen der einzelnen zusammengefaßten Prozesse i und a hinfällig und müssen jeweils durch eine neue Kennzahl i und a für den zusammengefaßten Prozeß ersetzt werden. Von einer Veränderung der einzelnen Kennzahl kann nicht mehr gesprochen werden, da der einzelne Prozeß nach der Zusammenfassung nicht mehr existiert.

Zum minimalen Belegungsgrad

Der minimale Belegungsgrad $i_{\min}$ ist eine Anlagenkennzahl¹⁾ und damit von der Belegungsstruktur der Datenverarbeitungsanlage durch ihre Prozesse unabhängig.

Reaktion des periodenbezogenen vollständigen oder inneren Belegungsgrades I und des äußeren Belegungsgrades A

Während sich die prozeßbezogenen Belegungsgrade i und a als invariant gegen Beschäftigungsveränderungen erwiesen, können sich die Zahlenwerte der periodenbezogenen Belegungsgrade I und A abhängig von der Beschäftigungssituation verändern. Ein derartiger Einfluß der Beschäftigungssituation auf die Zahlenwerte I und A ist jedoch weder unerwartet noch unerwünscht, sondern entspricht den gegebenen Anforderungen, die an beide Kennzahlen gestellt sind. Zur Verdeutlichung diene die Abbildung A/1.

1) Vgl. S. 214.

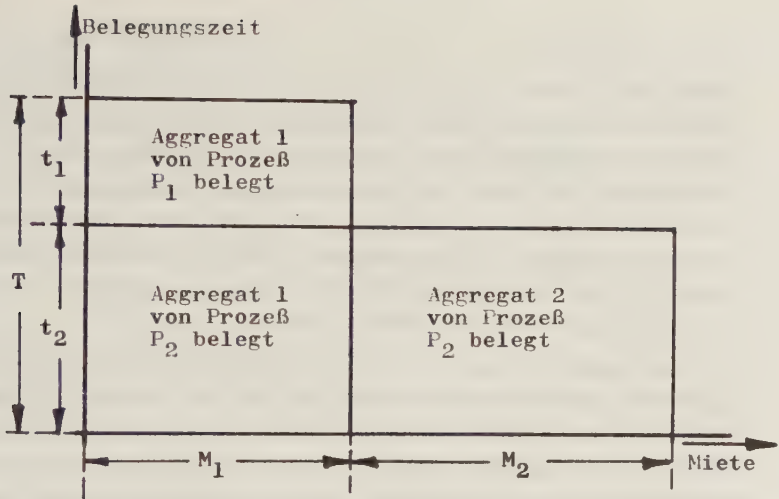


Abb. A/1: Datenverarbeitungsanlage aus zwei Aggregaten, belegt mit zwei unterschiedlichen Prozessen

Gegeben sei eine Datenverarbeitungsanlage, bestehend aus zwei Aggregaten mit den Mietewerten M_1 und M_2 . Die Anlage sei belegt durch zwei Prozesse P_1 und P_2 . Der Prozeß P_1 belege zwei Aggregate, der Prozeß P_2 dagegen nur eines. Bei steigender Beschäftigung der Datenverarbeitungsanlage können die Prozesse P_1 und P_2 unterschiedlich steigende Belegungszeiten t_1 und t_2 aufweisen. Würde die Belegungszeit t_1 überproportional zur Belegungszeit t_2 wachsen, würden sich der periodenbezogene vollständige und der äußere Belegungsgrad gegenüber dem bisherigen Zustand vergrößern. Im Grenzfall würde der Prozeß P_1 vorwiegend den Belegungsgrad bestimmen. Entsprechend würde bei überproportional steigendem t_2 gegenüber t_1 schließlich vorwiegend der Prozeß P_2 den Belegungsgrad bestimmen, was bedeuten würde, daß bei steigender Beschäftigung der vollständige und äußere Belegungsgrad sinken. Entscheidend ist also die sich mit Veränderung der Beschäftigung ergebende Belegungsstruktur, nicht aber die Beschäftigung selbst.

Ändert sich gemäß Annahme b) die Anpassung aller Prozesse auf der Basis des Reziprozitätsgesetzes der Programmierung, so erfolgt zwar - wie oben dargelegt - keine Veränderung der Zahlenwerte der prozeßbezogenen Belegungsgrade i und a , wohl aber können die Zahlenwerte der periodenbezogenen Belegungsgrade I und A beeinflusst werden. Für die Begründung diene wiederum die Abbildung A/1 mit den zugehörigen Erläuterungen.

Faßt man gemäß Annahme c) mehrere Prozesse programmtechnisch zu einem Prozeß zusammen, sind zwei Fälle zu unterscheiden. Einerseits können Prozesse, die gleiche, andererseits die unterschiedliche Aggregate belegen, zusammengefaßt werden. In beiden Fällen ist durch die Zusammenfassung eine Konzentration des zeitlichen Ablaufs in mehr oder weniger großem Umfange zu erwarten.

Werden Prozesse zusammengefaßt, die gleiche Aggregate belegen, kommt es darauf an, in welchem Maße die Wirkung der zeitlichen Konzentration des Ablaufs bei den einzelnen zusammengefaßten Gruppen von Prozessen zum Tragen kommt, um sagen zu können, ob durch die Zusammenfassungen die periodenbezogene Belegungsstruktur, ausgedrückt in den Kennzahlen I und A , zum Steigen oder zum Sinken tendiert. Die periodenbezogenen Belegungsgrade werden beispielsweise sinkende Tendenz aufweisen, wenn es zwar gelingt, Prozesse mit hohen Belegungsgraden in Bezug auf die Wirkung der zeitlichen Konzentration sehr wirkungsvoll zusammenzufassen, aber demgegenüber Prozesse mit geringen Belegungsgraden bei der Zusammenfassung kaum eine Wirkung der zeitlichen Konzentration erkennen lassen. Im Grenzfall dominieren nach den Zusammenfassungen die zusammengefaßten Prozesse mit den niederen Belegungsgraden. Es liegt ein vergleichbarer Effekt vor, wie er in der Abbildung A/1 für einen anderen Fall dargestellt wurde. Es läßt sich also sagen, daß durch die Zusammenfassung von Prozessen, die gleiche Aggregate belegen, eine Tendenz zur Veränderung der Belegungsstruktur entsteht, was sich

durch Veränderung des Zahlenwertes der periodenbezogenen Belegungsgrade ausdrückt.

Werden zudem Prozesse zusammengefaßt, die unterschiedliche Aggregate belegen, kommt zu der dargelegten Tendenz, durch Zusammenfassungen die periodenbezogene Belegungsstruktur zu verändern, eine weitere Komponente hinzu, die verändernd auf die periodenbezogenen Belegungsgrade wirkt. Bei derartigen Zusammenfassungen ist die Anzahl der durch den zusammengefaßten Prozeß belegten Aggregate gleich groß oder größer als die Anzahl der Aggregate, die der Prozeß mit dem größten Aggregatebedarf belegt. Entsprechendes gilt für den Mietewert. Der Mietewert der durch den zusammengefaßten Prozeß belegten Aggregate ist gleich groß oder größer als der Mietewert des mieteaufwendigsten Prozesses. Zusammenfassungen wirken also auf jeden Fall in der Tendenz verändernd auf die periodenbezogenen Belegungsgrade I und A.

Abschließend sollen noch unter den Annahmen a), b) und c) die Reaktionen des (periodenbezogenen) Mietebelegungsgrades dargestellt werden.

Reaktionen des Mietebelegungsgrades

Für das Verhalten des Mietebelegungsgrades unter Veränderungen gemäß Annahme a) ist bezeichnend, daß bei steigender Beschäftigung im Zeitbereich kleiner als die gemietete Schichtzeit sein Zahlenwert ebenfalls steigt. Dagegen finden Beschäftigungssteigerungen im Zeitbereich größer als die gemietete Schichtzeit keinen Niederschlag im Zahlenwert. Mit Erreichen der gemieteten Schichtzeit bei sämtlichen Aggregaten wird der Zahlenwert $MG_{zu} + 0,1$, was auch laut Definition des Mietebelegungsgrades erwartet wird. Da ab Erreichen der Schichtzeit jede weitere

genutzte Zeit proportional zu zahlen ist, sind gemietete Zeit und genutzte oder belegte Zeit immer gleich. Zähler und Nenner des Mietebelegungsgrades haben also bei steigender Beschäftigung oberhalb der Schichtzeit immer gleiche Werte.

Ändert man gemäß Annahme b) die Anpassung aller Verfahren auf der Basis des Reziprozitätsgesetzes der Programmierung, sind zwei Fälle zu unterscheiden.

In einem Fall finden sämtliche Veränderungen von Betriebsmittel-Ausführungszeiten im Bereich oberhalb einer Schichtzeit statt und haben damit keine Auswirkungen auf den Zahlenwert des Mietebelegungsgrades, der unabhängig von den Veränderungen den Wert + 1 behält. Im anderen Falle wird für einzelne Aggregate die Betriebsmittel-Ausführungszeit nach der Veränderung kleiner als eine Schichtzeit bzw. bewegen sich die Veränderungen der Betriebsmittel-Ausführungszeit unterhalb einer Schichtzeit. In diesem Falle bewirken Anpassungen auf der Basis des Reziprozitätsgesetzes der Programmierung eine Verringerung des Zahlenwertes des Mietebelegungsgrades. Dies bedeutet, daß freies, aber bezahltes Leistungsvermögen der Datenverarbeitungsanlage zur Verfügung steht.

Faßt man gemäß Annahme c) mehrere Prozesse programmtechnisch zu einem Prozeß zusammen, sind wiederum zwei Fälle zu unterscheiden. Einerseits können Prozesse, die gleiche, andererseits die ungleiche Aggregate belegen, zusammengefaßt werden, was in beiden Fällen - wie bereits gesagt - zu einer Konzentration des zeitlichen Ablaufs in mehr oder weniger großem Umfange führt.

Spielen sich für sämtliche Aggregate die bewirkten Veränderungen der Betriebsmittel-Ausführungszeiten im Bereich oberhalb einer Schichtzeit ab, tritt durch die Zusammenfassungen keine Änderung des Mietebelegungsgrades, der in diesem Bereich den Zahlenwert + 1,0 hat, auf. Schlagen sich jedoch die Veränderungen der Betriebsmittel-Aus-

führungszeit im Bereich unterhalb einer Schichtzeit nieder, muß man zwischen den genannten beiden Fällen unterscheiden, daß Prozesse mit gleichen oder mit ungleichen Aggregaten programmtechnisch zusammengefaßt werden.

Würde man immer nur Prozesse programmtechnisch zusammenfassen, die sich jeweils gleicher Aggregate bedienen, entsteht durch die damit verbundene mehr oder weniger große Wirkung der zeitlichen Konzentration des Ablaufs eine Tendenz zu sinkenden Zahlenwerten des Mietebelegungsgrades, da der Zähler im Mietebelegungsgrad sich verkleinert, während der Nenner mit der bezahlten Schichtzeit ungeändert bleibt.

Die Situation ist jedoch anders bei programmtechnischen Zusammenfassungen von Prozessen mit ungleichen Aggregaten. Hier treten neben der Wirkung der zeitlichen Konzentration des Ablaufs, die für die Zentraleinheit zur Verkürzung der Betriebsmittel-Ausführungszeit führt, für einzelne *p e r i p h e r e* Aggregate bei Zusammenfassungen auch Verlängerungen der Betriebsmittel-Ausführungszeiten auf. Das sei an einem Beispiel mit schematisiertem Ablauf erläutert:

Zusammengefaßt seien zwei Prozesse, von denen sich der eine des Aggregates Nr. I und der andere des Aggregates Nr. II bedient. Aggregat Nr. I sei ein Magnetplattenstapel und enthalte die Datei sämtlicher Verkaufsartikel mit allen entsprechenden Angaben. Aggregat Nr. II sei ebenfalls ein Magnetplattenstapel, der jedoch die Datei mit sämtlichen Kundendaten einschließlich besonderen Liefervereinbarungen, Zahlungsrückständen u.ä. Angaben enthalte. Soll nun eine Kundenbestellung ausgeführt werden, müssen in einem Prozeß P 1 die vom Kunden bestellten Artikel-daten für Lieferschein und Rechnung zusammengetragen werden und in einem Prozeß P 2 diese Angaben um die kundenspezifischen Daten ergänzt werden. In einem hier nicht mehr interessierenden Prozeß P 3 werden dann Lie-

ferschein und Rechnung ausgedruckt. Prozeß P 1 und P 2 sollen nun programmtechnisch zusammengefaßt werden.

Schematisiert sei vor der Zusammenfassung folgender zeitlicher Ablauf gemäß Abbildung A/2 für 4 Kundenrechnungen gegeben:

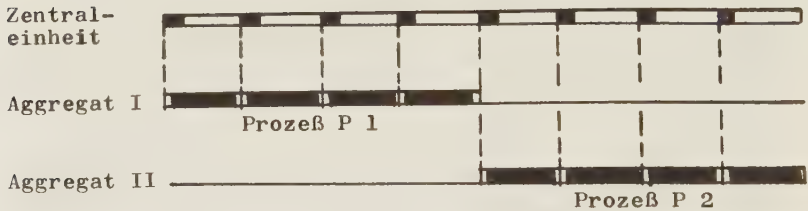


Abb. A/2: Schematischer Ablauf von Prozeß 1 und 2

Erklärung:

-  = Betriebsmittel-Ausführungszeiten,
darin
-  = ablaufbedingte Wartezeit
-  = Aggregat ungenutzt

Nach der Zusammenfassung ergibt sich schematisiert der folgende Ablauf gemäß Abbildung A/3:



Abb. A/3: Schematisierter Ablauf der zusammengefaßten Prozesse

Durch das Zusammenfassen hat sich die Betriebsmittel-Ausführungszeit der Zentraleinheit verkürzt, die ablaufbedingten Wartezeiten sind geringer geworden. Demgegenüber sind bei den beiden peripheren Aggregaten I und II ablaufbedingte Wartezeiten entstanden. Diese ablaufbedingten Wartezeiten führen zu höheren Betriebsmittel-Ausführungszeiten. Somit läßt sich für den genannten Fall 2, bei dem Prozesse zusammengefaßt werden, die sich unterschiedlicher Aggregate bedienen, nicht mehr voraussagen, in welcher Weise sich der Mietebelegungsgrad ändern wird, da der Wirkung der zeitlichen Konzentration des Ablaufs wachsende Wartezeiten gegenüberstehen.

Verzeichnis der Abkürzungen

A.C.M.	= Association for Computing Machinery
AFIPS	= American Federation of Information Processing Societies
BIFOA	= Betriebswirtschaftliches Institut für Organisation und Automation (an der Universität zu Köln)
BTA	= Bürotechnik und Automation (Zeitschrift)
IFIPS	= International Federation of Information Processing Societies
HMD	= Handbuch der maschinellen Datenverarbeitung
HWB	= Handwörterbuch der Betriebswirtschaft
HWO	= Handwörterbuch der Organisation
IBM	= International Business Machines Corporation
IEEE	= Institute of Electrical and Electronics Engineers (Inc. New York)
RKW	= Rationalisierungs-Kuratorium der Deutschen Wirtschaft
SEG	= Standard Elektrik-Gruppe/Standard Elektrizitäts-Gesellschaft
SEL	= Standard Elektrik Lorenz (vormals SEG)
ZfB	= Zeitschrift für Betriebswirtschaft
ZfbF	= Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung (vormals ZfhF)
ZfhF	= Zeitschrift für handelswissenschaftliche Forschung
ZO	= Zeitschrift für Organisation

Literaturverzeichnis

Abromeit, G.:

Erzeugnisplanung und Produktionsprogramm.
Wiesbaden 1955:

Acker, H.:

Organisationsanalyse - Verfahren und Techniken
praktischer Organisationsarbeit. 4. Aufl.,
Baden-Baden - Bad Homburg v.d.H. 1966.

Adam, A.: Messen und Regeln in der Betriebswirtschaft. -
Einführung in die informationswissenschaftli-
chen Grundzüge der industriellen Unternehmens-
forschung. Würzburg 1959.

Systematische Datenverarbeitung bei der Auswer-
tung von Versuchs- und Beobachtungsergebnissen,
in: Unternehmensforschung für die Wirtschafts-
praxis. Hrsg. A. Adam. Würzburg 1963.

Adams, C.W.:

Grosch's Law Repealed, in: Datamation, Jg. 8
(1962), H. 7, S. 38 - 40.

Adiri, I.:

Computer Time-Sharing Queues with Priorities,
in: Journal of the A.C.M., Jg. 16 (1969),
S. 631 - 645.

Adiri, I., Avi-Itzhak, B.:

A Time-Sharing Queue, in: Management Science,
Jg. 15 (1969), S. 639 - 657.

A Time-Sharing Queue with a Finite Number of
Customers, in: Journal of the A.C.M., Jg. 16
(1969), S. 315 - 323.

A Time-Sharing Model with Many Queues, in:
Operations Research, Jg. 17 (1969), S. 1077 -
1089.

Amdahl, G.M.:

New Concepts in Computing System Design,
IBM Research Paper RC-526, New York 1961.

American Society for Testing Materials (Hrsg.):

Quality Control of Materials. 1951.

American Standards Association (Hrsg.):

Control Chart Method of Controlling Quality
During Production. 1942.

Andreas, D.:

Zero Defect - Grundzüge des neuen Null-Fehler-
Programms. 2. Aufl., München 1969.

Zero Defect, in: Management Enzyklopädie,
Bd. 6, München 1972, S. 770 - 775.

Andler, K.:

Rationalisierung der Fabrikation und optimale
Losgröße. Diss. Stuttgart 1929.

Angermann, A.:

Gleichgewichtskalkulation, Meisenheim 1952.

Industrielle Planungsrechnung. Bd. 1: Ent-
scheidungsmodelle. Frankfurt/M. 1963.

Antoine, H.:

Kennzahlen, Richtzahlen, Planungszahlen.
2. Aufl., Wiesbaden 1958.

Ashby, W.R.:

An Introduction to Cybernetics. London 1961.

Principles of the self-organizing systems, in:
Principles of Self-Organization. Transactions
of the University of Illinois, Symposium on
self-organization. Ed. by Heinz v. Foerster
and G.W. Zopf, Jr., Oxford, u.s.w. 1962,
S. 255 - 278.

AWV (Hrsg.):

Die elektronische Datenverarbeitung, Forschung
- Anwendung - Ausbildung. Berlin 1964, AWV-
Schriftenreihe Nr. 244.

Balachandran, K.R.:

Parametric Priority rules: An Approach to Optim-
ization in Priority Queues, in: Operations Re-
search, Jg. 18 (1970), S. 526 - 540.

Baldus, Th., Grochla, E.:

Memorandum - Anwendungssysteme für die automa-
tisierte Datenverarbeitung - Die Lücke in For-
schung und Ausbildung in der Bundesrepublik
Deutschland. Veröffentlicht u.a. in: BTA,
Jg. 9 (1968), H. 5, S. 230 - 240.

Baldus, Th., Grochla, E., Nagel, G.:

Zweites Memorandum - Betriebsinformatik und Wirtschaftsinformatik als notwendige anwendungsbezogene Ergänzung einer Allgemeinen Informatik. Veröffentlicht u.a. in: BTA, Jg. 10 (1969), H. 7, S. 366 - 370.

Bastian, R.:

Zeitberechnungen peripherer Speicher. Bd. 2 der Schriftenreihe Informatik und Operations Research, Darmstadt 1973.

Baumgartner, C., Gehrig, B.:

Elektronische Datenverarbeitungsanlagen, Einführung für Kaufleute. Zürich 1967.

Becker, H.:

Die Marktphilosophie von UNIVAC, in: Die Lochkarte, Jg. 30 (1966), H. 200.

Beged-Dov, A.:

An Overview of Management Science and Information Systems, Management Science. Jg. 13 (1967), Nr. 12.

Beister, J., Görke, W.:

Ausfallsicherung bei sequentiellen Schaltungen, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 10 (1968), H. 3, S. 123 - 130.

Bereska, D.:

Was bestimmt die effektive Schreibleistung von Schnelldruckern bei Datenverarbeitungsanlagen? - Oder: Warum werden aus den 40.000 Drucken (des Prospektes) in der Praxis nur 10.000? In: Das rationelle Büro, H. 4, 1961, S. 217 - 223.

Organisation der betrieblichen Datenverarbeitung. Bd. 6 der Schriftenreihe "Büro-Organisation - praktische Anleitungen". Hrsg. von A. Boje, 2. Aufl., München 1967/68.

Bertalanffy, L. von:

Zu einer allgemeinen Systemlehre, in: Biologia Generalis, Bd. XIX, H. 1, 1949, S. 114 - 129.

Billeter, E.:

Der praktische Einsatz elektronischer Rechenautomaten. Einführung in die Programmierung und den betriebswirtschaftlichen Einsatz elektronischer Rechenautomaten. 2. Aufl., Wien 1964.

Blaauw, G.A., Brooks Jr., F.P.:

Überblick über die Maschinenlogik - Teil I von:
Aufbau des Systems /360. Aus dem Englischen
übersetzt und von der IBM herausgegeben 1965
als deutscher Sonderdruck von: IBM Systems
Journal, Bd. 3, Nr. 2, 1964.

Blau, H.: Einflüsse der Preisstruktur von EDV-Anlagen auf
die System-Auswahl, in: BTA, Jg. 9 (1968),
H. 11, S. 551 - 555.

Stehen unsere Rechenzentren unter Kostendruck?
In: BTA, Jg. 11 (1970), H. 7, S. 418.

Bootwalla, M.A.:

Teilefamilienfertigung - Ein Weg zur Kostensen-
kung in der Kleinserien- und Einzelfertigung.
Diss. Aachen 1966.

Bottler, J., Horváth, P., Kargl, H.:

Methoden der Wirtschaftlichkeitsberechnung für
die Datenverarbeitung - Quantitative Methoden
zur Beurteilung der ADV. München 1972.

Brandon, D.:

Management Standards for Data Processing.
Toronto - New York - London 1963.

Bredt, O.:

Der endgültige Ansatz der Planung (II), in:
Technik und Wirtschaft, Bd. 32 (1939).

Brüggemann, F.W.:

Die Wirkungsweise von Programm-Eingriffs-Syste-
men, in: HMD, hrsg. von H.E. Littmann, Stutt-
gart 1966, Abschn. 9/4/2.

Bühne, H., Pressmar, D.B.:

Eine empirische Untersuchung zum gegenwärtigen
Stand der Datenverarbeitung außer Haus. In:
ZfD, Jg. 8 (1970), H. 1, S. 19 - 23.

Bussmann, K.F., Kittel, H., Kress, H., Kuhn, M.,
Mertens, P.:

Instandhaltungsplanung, -steuerung und Kontrol-
le, in: Agthe, K., Blohm, H., Schnauffer, H.
(Hrsg.): Industrielle Produktion, Baden-Baden -
Bad Homburg v.d.H. 1967, S. 479 - 499.

Calhoun, R.C.:

Diagnostics at the Microprogramming Level.
1969, IEEE International Convention Digest.
Modern Data, Mai 1969, S. 58 - 60.

Calingaert, P.:

System Performance Evaluation: Survey and Appraisal, in: Communications of the A.C.M.,
Jg. 10 (1967), S. 12 - 18.

Chang, W.:

Queueing with Nonpreemptive and Preemptive-Resume Priorities, in: Operations Research,
Jg. 13 (1965), S. 1020 - 1022.

Queueing Model for a Simple Case of Time-Sharing, in: IBM Systems Journal, Jg. 5 (1966),
H. 2, S. 115 - 125.

Queues with Feedback for Time-Sharing Computer System Analysis, in: Operations Research,
Jg. 16 (1968), S. 613 - 627.

Queueing Analysis of Real-Time Computer Processing, in: Management Science, Jg. 15 (1969),
S. 658 - 671.

Single-Server Queueing Processes in Computing Systems, in: IBM Systems Journal, Jg. 9 (1970),
H. 1, S. 36 - 71.

Chang, W., Wong, D.J.:

Analysis of Real-Time Multiprogramming, in: Journal of the A.C.M., Jg. 12 (1965), S. 581 - 588.

Chapin, N.:

Einführung in die elektronische Datenverarbeitung, 3. Aufl., Wien - München 1967. Aus dem Amerikanischen übertragen von R. Leitner. Titel der amerikanischen Originalausgabe: An Introduction to Automatic Computers - A System Approach for Business. New York 1957.

Churchman, C.W., Ackoff, R.L., Arnoff, E.L.:

Operations Research. 4. Aufl., Wien - München 1968.

Clar, P.: Die Kapazitätsausnutzung in der Industrieunternehmung. Berlin 1964.

Coffman, E.G.:

Analysis of Two Time-Sharing Algorithms Designed for Limited Swapping, in: Journal of the A.C.M., Jg. 15 (1968), S. 341 - 353.

Feedback Queueing Models for Time-Shared Systems, in: Journal of the A.C.M., Jg. 15 (1968), S. 549 - 576.

Coffman, E.G., Kleinrock, L.:

Feedback Queueing Models for Time-Shared Systems, in: Journal of the A.C.M., Jg. 15 (1968), S. 549 - 576.

Coffman, E.G., Trotter, H., Muntz, R.R.:

Waiting Time Distributions for Processor-Sharing Systems, in: Journal of the A.C.M., Jg. 17 (1970), S. 123 - 130.

Coffman, E.G., Wood, R.C.:

Interarrival Statistics for Time-Sharing Systems, in: Communications of the A.C.M., Jg. 9 (1966), H. 7, S. 500 - 503.

Coleman, J.J., Abrams, I.J.:

Mathematical Model for Operational Readiness, in: Operations Research, Jg. 10 (1962), S. 126 - 138.

Colville, A.R.:

A comparative study of nonlinear programming codes. IBM NYSC Report 320 - 2949.

Corbató, F.J., Mervin-Daggett, M., Daley, R.C.:

An Experimental Time-Sharing System, in: AFIPS, SJCC 1962, S. 335 - 344.

Cox, D.R., Smith, W.L.:

Queues. London - New York 1961.

Crosby, Ph.H.:

Qualität kostet weniger. 2. Aufl., Hof und Lenbach 1972. Aus dem Amerikanischen Übertragen von A. Holz.

Dantine, D.:

Communications Needs of the User for Management Information Systems. AFIPS, Proceedings, Bd. 29 (1966), Fall Joint Computer Conference, S. 403 - 411.

Depiereux, W.-R.:

Ermittlung optimaler Schnittbedingungen, insbesondere im Hinblick auf die wirtschaftliche Nutzung numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen. Diss. T.H. Aachen 1969.

Dickhut, E.O.:

Zur Problematik der optimalen Fertigungsablaufplanung bei Einzel- und Kleinserienfertigung. Diss. Aachen 1966.

Diebold, J.:

Die automatische Fabrik. Nürnberg 1954.

Diemer, A.:

"Das Wesen der automatisierten elektronischen Datenverarbeitung und ihre Bedeutung für die Unternehmensleitung". Berlin 1962.

DIN 44 300:

Informationsverarbeitung - Begriffe.

Dolezalek, C.M.:

Automatisierung, in: VDI-Zeitschrift, Bd. 98 (1956), Nr. 12, S. 563/564.

Automatisierung und Produktivität, in: VDI-Berichte: Automatisierung der Fertigung. Düsseldorf 1962, S. 7 - 9.

Die technischen Grundlagen der Automatisierung unter besonderer Berücksichtigung der Fertigungstechnik. Referatvor dem Kongreß der Internationalen Forschungsgemeinschaft (CIRP) vom 9. bis 15. September 1962 in Den Haag, Holland. - Sonderdruck der Technischen Hochschule Stuttgart.

Dubin, R.:

Stability of Human Organizations, in: Modern Organization Theory - A Symposium of the Foundation for the Research on Human Behavior, Hrsg. Mason Haire, New York - London 1959, S. 218 - 253.

Dürr, K.: Die Bemessung der Auflage in der Serienfertigung. Bern 1952.

Ellinger, Th.:

Ablaufplanung - Grundfragen der Planung des zeitlichen Ablaufs der Fertigung im Rahmen der industriellen Produktionsplanung. Stuttgart 1959.

Die Marktperiode in ihrer Bedeutung für die Produktions- und Absatzplanung der Unternehmung, in: ZfhF, Jg. 13 (1961), S. 580 - 597.

Industrielle Einzelfertigung und Vorbereitungsgrad, in: ZfhF, Jg. 15 (1963), H. 10, S. 481 - 498.

Die Informationsfunktion des Produktes, in: Produktionstheorie und Produktionsplanung. Festschrift für K. Hax, Köln - Opladen 1966, S. 257 - 336.

Industrielle Wechselproduktion, in: Produktivität und Rationalisierung - Chancen, Wege, Forderungen. Hrsg. vom Rationalisierungskuratorium der Deutschen Wirtschaft e.V., Frankfurt/M. - Hamburg 1971, S. 197 - 205.

Feigenbaum, A.V.:

Total Quality Control Engineering and Management. New York 1961.

Fenske, R.W.:

Work Sampling in the Computer Room, in: Data Processing Magazine. Mai 1966, S. 22 - 31.

Ferschl, F.:

Zufallsabhängige Wirtschaftsprozesse. Wien - Würzburg 1964.

Fife, D.W.:

An optimization model for time-sharing. AFIPS, Proceedings, Bd. 28 (1966), Fall Joint Computer Conference, S. 97 - 104.

Fife, D., Rosenberg, R.:

Queueing in a Memory-Shared Computer, in: Proceedings of the A.C.M., 19th National Conference, Philadelphia 1964, S. H1-1 - H1-13.

Fine, G.H., McIsaak, P.:

Simulation of a Time-Sharing System, in: Management Science, Jg. 12 (1966), H. 6, S. B-180 - B-194.

Fischbach, F.:

Datenfernübertragung - Probleme und Begriffsdefinitionen, in: HMD, hrsg. von H.E. Littmann, Stuttgart 1969, Abschn. 9/4/8.

Flores, I.:

Computer Sorting. London - Sydney - Toronto - New Delhi - Tokyo 1969.

Forrester, J.W.:

Managerial Decision Making, in: Management and the Computer of the Future. Hrsg. von M. Greenberger, New York - London 1962.

Foster, D.:

Sprachen für Benutzerstationen - Dialogbetrieb, in: Cuttle, G., Robinson, P.B.: Aufbau von Betriebssystemen, München 1972. Titel der englischen Originalausgabe: Executive Programs and Operating Systems, Computer Monographs, Jg. 10, New York sowie London und Amsterdam 1970. Übersetzt für die deutsche Ausgabe von D. Schornböck.

Frenz, W.:

Wirtschaftlichkeitsfragen und praktischer Einsatz der numerisch gesteuerten Maschinen, in: Moll, H., Simon, W., Herold, H.H., Frenz, W.: Rationalisierung der Einzel- und Kleinserienfertigung durch Einsatz numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen. Veröffentlichung der Arbeitsgemeinschaft für Rationalisierung des Landes Nordrhein-westfalen, H. 68, S. 39 - 52.

Frey, G.: Symbolische und ikonische Modelle, in: The Concept and the Role of the Model in Mathematics and Natural and Social Sciences. Hrsg. von H. Freudenthal, Dordrecht 1961, S. 89 - 97.

Fuchs, H.:

Systemtheorie, in: HWO, hrsg. von E. Grochla, Stuttgart 1969, Sp. 1618 - 1630.

Futh, H.: Elektronische Datenverarbeitungsanlagen, Bd. 1: Einführung in Aufbau und Arbeitsweise. 2. Aufl., München - Wien 1966.

Die Technik der elektronischen Datenverarbeitung. Hardware - Software. München - Wien 1970.

Galland, H.:

Werkstücksystematik und Teilefamilienfertigung, in: Industrie-Anzeiger, Jg. 85 (1963), S. 735 - 743.

Entwicklung einer werkstückbeschreibenden Systemordnung zur Kostensenkung in der Kleinserien- und Einzelfertigung. Diss. Aachen 1964.

Gaver, D.P.:

Probability Models for Multiprogramming Computer Systems, in: Journal of the A.C.M., Jg. 14 (1967), S. 423 - 438.

Germain, C.B.:

Das Programmier-Handbuch der IBM /360. Aus dem Amerikanischen übertragen von A. und R. Gritsch, 2. Aufl., München 1970.

Görke, W., Prout, J.-L.:

Redundante Schaltungen mit Ausfallanzeige und Reparatur, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 9 (1967), S. 123 - 128.

Goldingham, T.:

Das Konzept von GEORGE 3, in: Cuttle, G., Robinson, P.B.: Aufbau von Betriebssystemen, München 1972. Titel der englischen Originalausgabe: Programs and Operating Systems, Computer Monographs, Jg. 10 (1970), New York sowie London und Amsterdam. Übersetzt für die deutsche Ausgabe von D. Schornböck.

Goser, K.:

Ein wortorganisierter supraleitender Schichtspeicher, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 9 (1967), H. 6, S. 253 - 260.

Goser, K., Kadereit, H.G., Kirchner, H.:

Supraleitende Schalt- und Speicherelemente, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 8 (1966), H. 6, S. 278 - 286.

Graef, M., Greiller, R., Hecht, G.:

Datenverarbeitung im Realzeitbetrieb - Eine Einführung. München - Wien 1970.

Graf, A., Hunziker, A., Scheerer, F.:

Betriebsstatistik und Betriebsüberwachung, 2. Aufl., Stuttgart 1961.

Gregory, R.H., van Horn, R.L.:

Automatic Data-Processing Systems. Principles and Procedures. 2. Aufl., London 1963.

Grochla, E.:

Automation und Organisation - Die technische Entwicklung und ihre betriebswirtschaftlich-organisatorischen Konsequenzen. Wiesbaden 1966. Bd. 1 der Schriftenreihe des BIFOA an der Universität zu Köln. Hrsg. von E. Grochla.

Die Computer werden schlecht genutzt. Interview mit Erwin Grochla, in: Der Volkswirt, Jg. 22 (1968), Nr. 22, S. 35 - 36.

Die Zukunft der automatisierten Datenverarbeitung - eine Herausforderung an Forschung und Ausbildung, in: adl-Nachrichten, Jg. 14 (1969), H. 55, S. 370. Vortrag anlässlich der ADL-Hauptversammlung am 15.11.1968 in Frankfurt a.M.

Automation, in: Handwörterbuch der Organisation. Hrsg. von E. Grochla, Stuttgart 1969, Sp. 249 - 257.

Die Gestaltung allgemeingültiger Anwendungsmodelle für die automatische Informationsverarbeitung in Wirtschaft und Verwaltung, in: Elektronische Datenverarbeitung, Jg. 12 (1970), H. 2, S. 49 - 55.

Grochla, E., Szyperski, N., Seibt, D.:

Ausbildung und Fortbildung in der automatisierten Datenverarbeitung. Eine Gesamtkonzeption. München - Wien 1970.

Gutenberg, E.:

Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Bd. 1: Die Produktion. 14. Aufl., Berlin - Heidelberg - New York 1968.

Haeckel, St.:

Teilnehmerbetrieb und Teilnehmersysteme - Eine Einführung in den Teilnehmerbetrieb von Datenverarbeitungsanlagen, in: IBM-Nachrichten, Jg. 18 (1968), H. 188, S. 152 - 154.

Hagan, J.Th.:

A Management Role for Quality Control. American Management Association (Hrsg.), New York 1968.

Hämmerling, F.:

Automation - ihr Weg und ihre Folgen, in: RKW (Hrsg.): Produktivität und Rationalisierung - Chancen, Wege, Forderungen. Frankfurt/M. - Hamburg 1971, S. 206 - 209.

Harris, F.:

Operations and Cost (Factory Management Series), Chicago 1915.

Hartmann, B.:

Betriebswirtschaftliche Grundlagen der automatisierten Datenverarbeitung. 3. Aufl., Freiburg i.B. 1961.

Integrierte Datenverarbeitung (Stichwort), in: HWO, Hrsg. E. Grochla, Stuttgart 1969, Sp. 774 - 782.

Heinen, E.:

Das Zielsystem der Unternehmung - Grundlagen betriebswirtschaftlicher Entscheidungen. Wiesbaden 1966.

Heinlein, L.:

Über Inputträger der Elektroneneinheiten und Gewinnung der Eingabewerte, in: Rechnungswesen, Revision, Automation, hrsg. vom Hessischen Institut für Betriebswirtschaft, Frankfurt/M. - Köln-Klettenberg (o.J.).

Heinrich, L.J.:

Computer-Bewertungsverfahren. Baden-Baden und Bad Homburg v.d.H. 1971.

Henzel, F.:

Der Beschäftigungsgrad, in: ZfB, Jg. 5 (1928), S. 673 - 684 und S. 721 - 745.

Herold, H.H.:

Der Stand der Entwicklung der numerischen Steuerung in den USA, in: Moll, H., Simon, W., Herold, H.H., Frenz, W.: Rationalisierung der Einzel- und Kleinserienfertigung durch Einsatz numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen. Veröffentlichung der Arbeitsgemeinschaft für Rationalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen, H. 68, S. 17 - 34.

Hodges, D.A.:

Large-capacity semiconductor memory. Proc. IEEE, Jg. 56 (1968), S. 1148.

Hoffmeister, J.:

Wörterbuch der philosophischen Begriffe. Philosophische Bibliothek, Bd. 225, 2. Aufl., Hamburg 1955.

Hofmann, P.:

Der Wert eines Datenverarbeitungssystems. IBM-Nachrichten 15 (1965), H. 174, S. 2768 - 2775.

Hosang, S.:

Aufbau und Anwendung eines Formenschlüssels für Konstruktion und Arbeitsvorbereitung, in: Industrie-Anzeiger, Jg. 85 (1963), S. 720 - 726.

Hosford, J.E.:

Measures of Dependability, in: Operations Research, Jg. 8 (1960), S. 53 - 64.

IBM (Hrsg.):

Handbuch 609 Rechenstanzer. IBM-Form 74 832.

Handbuch Datenverarbeitungssystem IBM 1401, IBM Form 74 856-3.

System /360 Ein/Ausgabe-Systemübersicht. IBM Form 78 709-3.

IBM System /360, IBM 2400 und 2816, Modell 1. IBM Form 79 819.

IBM-System /360 Operating System, Planning for Multiprogramming with a Fixed Number of Tasks (MFT). Form C 27 - 6939-4, Poughkeepsie, N.Y. 1968.

- Ilg, H.: Bestimmung der wirtschaftlichen Losgröße bei verschiedenen Produktionsabläufen, in: Werkstattstechnik, Jg. 52 (1962), S. 190 - 194.
- Johnson, R.A., Kast, F.E., Rosenzweig, J.E.:
The theory and management of systems. London 1963.
- Jordt, A.:
Ist-Aufnahme (Stichwort), in: HWO, Hrsg. E. Grochla, Stuttgart 1969, Sp. 790 - 794.
- Juran, J.M.:
Quality Control Handbook. 2. Aufl., New York 1962.
Quality Planning and Analysis. New York 1971.
- Kämmerer, W.:
Zur Konstruktion selbstkorrigierender Automaten, in: Elektronische Informationsverarbeitung und Kybernetik, Jg. 2 (1966), S. 165 - 175.
Zur Struktur selbstkorrigierender Automaten, in: Messen, Steuern, Regeln, Jg. 10 (1967), H. 1, S. 5 - 13.
- Käppeler, M.:
Aufgaben, Probleme und Verfahren der Ablaufplanung bei industrieller Einzelfertigung, Diss. Mainz 1969. Hrsg. in der Reihe Betriebswirtschaftliche Sonderveröffentlichungen des VDMA, Dissertationen, VDMA-BwV 156.
- Kalbermatten, M.:
Der Personaleinsatz in der elektronischen Datenverarbeitung. Hamburg - Berlin 1963.
- Kalscheuer, H.-D.:
Mathematische Entscheidungsforschung und elektronische Datenverarbeitung als integriertes System und dessen Anwendung für die Unternehmensführung. Diss. TU Berlin 1965.
- Katzsch, R.:
Maschinenzeitplanung und Maschinenzeitauswertung im Rechenzentrum (mit einer Einleitung von H. Futh), in: ZfD, Jg. 8 (1970), H. 3, S. 148 - 154.

Kaufmann, B.A., Ellinger, P.B., Kuno, J.:

A rotationally switched rod memory with a 100 nanosecond cycle time. Proc. Fall Joint Computer Conf. 1965.

Kaufmann, H.:

Speicher- und Schaltkreistechnik von Datenverarbeitungsanlagen. Berichte der Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Bd. 187, Köln - Opladen 1969.

Computer der Zukunft, in: Data Report, Jg. 5 (1970), H. 5, S. 2 - 7.

Kazmierczak, H.:

Wandler, in: Taschenbuch der Nachrichtenverarbeitung. Hrsg. von K. Steinbuch, 2. Aufl., Berlin - Heidelberg - New York 1967, S. 325 - 374.

Kearney, A.T. (Hrsg.):

Milliarden werden verschwendet, in: Manager-Magazin, September 1972.

Kempf, H.-G.:

Der Magnetarchtspeicher - ein Speicher mit zerstörungsfreiem Lesen, in: Elektronische Datenverarbeitung, Jg. 8 (1966), S. 40 - 43.

Kennedy, R.D., McMullen, St.Y.:

Financial Statements, 4. Aufl., Homewood, Ill., 1962.

Kern, W.: Die Messung industrieller Fertigungskapazitäten und ihrer Ausnutzung - Grundlagen und Verfahren. Köln - Opladen 1962.

Operations Research - Eine Einführung in die Optimierungskunde. 2. Aufl., Stuttgart 1966.

Kennzahlensysteme als Niederschlag interdependenter Unternehmensplanung, in: ZfhF, Jg. 23 (1971), S. 701 - 718.

Kerry, D.W.:

Choosing a Computer for the Post Office, in: Computer Bulletin Nr. 10, 1967.

Kirchner, E.:

Technische und betriebswirtschaftliche Grundlagen der Teilefamilienfertigung, in: Industrie-Anzeiger, Jg. 85 (1963), S. 714 - 720.

Kirchner, J.-H.:

Die Skalierung des Standes von Mechanisierung und Automatisierung - Literaturlauswertung und Folgerungen für einen eigenen Vorschlag, in: Möglichkeiten der Festsetzung von Stufen der Mechanisierung und Automatisierung - Referate eines Kolloquiums. Bd. 4 der Schriftenreihe Arbeitswissenschaft und Praxis, Berlin - Köln - Frankfurt 1968.

Kittel, H.:

Zum Verlauf der Kosten über der Leistungsfähigkeit elektronischer Datenverarbeitungsanlagen. Diplomarbeit, T.H. München 1965.

Kittel, H., Mertens, P.:

Einige quantitative Untersuchungen zur Größenregression von Datenverarbeitungsanlagen, in: Elektronische Datenverarbeitung, Jg. 7 (1965), S. 255 - 262.

Kleinrock, L.:

Analysis of a Time-Shared Processor, in: Naval Research Logistics Quarterly, Jg. 11 (1964), H. 1, S. 59 - 73.

Sequential Processing Machines (S.P.M.). Analysed with a Queueing Theory Model, in: Journal of the A.C.M., Jg. 13 (1966), S. 179 - 193.

Time-Shared Systems: A Theoretical Treatment, in: Journal of the A.C.M., Jg. 14 (1967), S. 242 - 261.

Kloidt, H.:

Information und Dokumentation im Betrieb, in: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, begründet von H. Nicklisch, 3. Aufl., hrsg. von H. Seischab und K. Schwantag, Bd. II, Stuttgart 1958, Sp. 2805 - 2811.

Köhlinger, H.:

Anlagenwirtschaft. Heidelberg 1969. Schriftenreihe Bd. 19 des Handbuchs der Rationalisierung. Hrsg. in Zusammenarbeit mit dem RKW von E. Hotz, C. Knott, E.W. Mommsen.

Kohring, G.:

Grundlagen und Praxis numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen. München 1966.

Koller, H.:

Simulation und Planspieltechnik - Berechnungsexperimente in der Betriebswirtschaft, Bd. 5 der Schriftenreihe des Betriebswirtschaftlichen Instituts für Organisation und Automation an der Universität zu Köln, Wiesbaden 1969.

Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung (Hrsg.):

Systemvergleich elektronischer Datenverarbeitungsanlagen. Köln 1966.

Korte, B., Krelle, W., Oberhofer, W.:

Ein lexikographischer Suchalgorithmus zur Lösung allgemeiner ganzzahliger Programmierungsaufgaben, in: Unternehmensforschung, Bd. 13 (1969), Teil I: S. 73 - 98, Teil II: S. 171 - 192.

Kosiol, E.:

Organisation der Unternehmung. Wiesbaden 1962.

Die Unternehmung als wirtschaftliches Aktionszentrum - Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, in: E. Grassi (Hrsg.): rowohlts deutsche enzyklopädie, Bd. 256/257, Reinbek bei Hamburg 1966.

Kosiol, E. (Hrsg.):

Handwörterbuch des Rechnungswesens. Stuttgart 1970.

Kramer, R.:

Die betriebswirtschaftliche Bedeutung von Information und Kommunikation, insbesondere für die Struktur des Betriebes. Diss. Mannheim 1962.

Kramer, R.:

Information und Kommunikation. Betriebswirtschaftliche Bedeutung und Einordnung in die Organisation der Unternehmung, in: E. Kosiol und E. Grochla (Hrsg.): Betriebswirtschaftliche Forschungsergebnisse, Bd. 23, Berlin 1965.

Kriebel, Ch.H.:

Operations Research in the Design of Management Information Systems, in: Operations Research and the Paper Industry, hrsg. von J.G. Pierce, Bd. 1, New York 1967.

Krishnamoorthi, B., Wood, R.C.:

Time-Shared Computer Operations with Both Interarrival and Service Times Exponential, in: Journal of the A.C.M., Jg. 13 (1966), S. 317 - 338.

Kümmerle, K.:

Simulation of the performance of computer systems, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 12 (1970), S. 324 - 328.

Charakteristische Größen zur Beschreibung der Leistungsfähigkeit und Effektivität von EDV-Anlagen, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 14 (1972), H. 1, S. 12 - 18.

Künzi, H.P.:

Zum heutigen Stand der nichtlinearen Optimierungstheorie, in: Unternehmensforschung 1968, H. 1, S. 1 - 22.

Küspert, H.J., Marte, G.:

Optimale Rechenzeituteilung bei einem Teilnehmerrechenystem mit jeweils einer Aufgabe im Arbeitsspeicher, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 12 (1970), H. 3, S. 155 - 162.

Lampe, B.:

Fehlerdiagnose in speicherprogrammierten modularen Systemen, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 12 (1970), H. 3, S. 150 - 154.

Zuverlässigkeit modularer Systeme mit automatischer Fehlerdiagnose, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 13 (1971), H. 5, S. 200 - 205.

Lampe, B.:

Hilfen zur automatischen Fehlerdiagnose in einem modular aufgebauten Multiprozessorsystem, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 14 (1972), H. 6, S. 271 - 273.

Lehmann, H.:

Integration (Stichwort), in: HWO, hrsg. von E. Grochla, Stuttgart 1969, Sp. 768 - 774.

Lindemann, P.:

Planung von elektronischen Datenverarbeitungsorganisationen, in: Grundlagen der elektronischen Datenverarbeitung, AWV-Schriftenreihe Nr. 242, Frankfurt/M. 1964.

Lösch, J.:

Reservierung von Platzkarten bei der Deutschen Bundesbahn, in: SEL-Nachrichten (Technische Mitteilungen der Standard Elektrik Lorenz AG), Jg. 6 (1958), S. 119 - 126.

Lüder, K.:

Zur Anwendung neuerer Algorithmen der ganzzahligen linearen Programmierung, in: ZfB, Jg. 39 (1969), S. 405 - 434.

Lutterbeck, E.:

Das Förderungsprogramm 'Datenverarbeitung' der Bundesregierung, in: ZfD, Jg. 7 (1969), H. 8, S. 552 - 557, und Jg. 8 (1970), H. 2, S. 83 - 93.

Lutz, Th.:

Der Rechnerkatalog - 100 Computer mit ihren Kenndaten. Stuttgart 1966.

Mixkennzahlen, in: BTA, Jg. 9 (1968), H. 7, S. 332 - 336.

Lutz, Th., Beutler, H.:

Management Information Systems (MIS) - Begriffe und Konzeption für Management Informationssysteme, in: IBM-Nachrichten, Jg. 18 (1968), H. 191.

Lutz, Th., Hauff, V.:

Programmierzettel - Eine verständliche Einführung in das Programmieren digitaler Rechenautomaten. 2. Aufl., Stuttgart 1966.

Mantovani, R.B.:

Das neue Reservationssystem der SWISSAIR - Echtzeitverarbeitung mit vier integrierten Arbeitsgebieten, in: IBM-Nachrichten, Jg. 20 (1970), H. 199, S. 22 - 27.

Marik, Z.H.:

Zur Theorie der Wirtschaftlichkeit elektronischer Datenverarbeitungsanlagen, in: Industrieblatt, Jg. 64 (1964), H. 4, S. 139 - 144.

Marlett, R.A.:

On the Design and Testing of Self Diagnosable Computers. Digest of the First Annual IEEE Computer Conference, 6. - 8. September 1967, S. 14 - 16.

Marte, G.:

Optimal time scheduling for time-shared computer systems with piecewise exponential computing time distribution function, in: A.C.M. Conference, Mai 1970.

Martino, R.:

The Language of Information Systems, in: Data Processing Magazine, Jg. 9 (1967), Nr. 2.

Marwedel, H.:

Die Problematik der Kostenerfassung und -zuordnung bei Datenverarbeitung im Multiprogramm-Betrieb, in: E. Grochla (Hrsg.): Die Wirtschaftlichkeit automatisierter Datenverarbeitungssysteme, Bd. 8 der Schriftenreihe BIFOA an der Universität zu Köln, Wiesbaden 1970, S. 241 - 247.

Marx, A.: Die Kapazität in der Betriebswirtschaft und in der Betriebswirtschaftslehre, in: Der österreichische Betriebswirt, Jg. 9 (1959), H. 4.

McCarthy, J. u.a.:

A Time-Sharing Debugging System for a Small Computer, in: Proceedings, Bd. 23 (1963), Fall Joint Computer Conference, S. 51 - 57.

McCracken, D., Weiss, H., Lee, T.:

Programming Business, New York - London 1959.

McKinsey & Company (Hrsg.):

Getting the Most Out of Your Computer, A Survey of Company Approaches and Results. Abdruck der autorisierten deutschen Übersetzung in ZfB, Jg. 34 (1964), H. 1, mit dem Titel: Der optimale Einsatz elektronischer Datenverarbeitungsanlagen. Sonderdruck dieser Übersetzung von der IBM-Deutschland, IBM Form 71 441.

Der Computereinsatz - ungenutztes Gewinnpotential. Untersuchungsergebnisse für die Unternehmensleitung. New York - Düsseldorf u.a. 1968.

Meinhold, J. u.v. (Hrsg.):

Fachbegriffe der Programmiertechnik, 2. Aufl., München 1962.

Mellerowicz, K.:

Kosten und Kostenrechnung, Teil I: Theorie der Kosten. 3. Aufl., Berlin 1957.

Kapazitätsproblem, in: HWB, Bd. 2, 3. Aufl., Stuttgart 1958, Sp. 2953 - 2959.

Betriebswirtschaftslehre der Industrie, Bd. I, 6. Aufl., Freiburg 1968.

Betriebswirtschaftslehre der Industrie, Bd. II, 6. Aufl., Freiburg 1968.

Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Bd. II, 13. Aufl., Berlin 1970.

Menßen, K.-H.:

Zur Bedeutung und organisatorischen Gestaltung der betrieblichen Mensch-Maschine-Kommunikation, Diss., Köln 1971.

Mertens, P.:

Die gegenwärtige Situation der betriebswirtschaftlichen Instandhaltungstheorie, in: ZfB, Jg. 38 (1968), H. 11, S. 803 - 836.

Zur neueren Entwicklung des Time Sharing, in: BTA, Jg. 9 (1968), H. 11, S. 556 - 567.

Simulation. Stuttgart 1969.

Untersuchungen zum Gesetz der Kostendegression in der ADV, in: E. Grochla (Hrsg.): Die Wirtschaftlichkeit automatisierter Datenverarbeitungssysteme, Bd. 8 der Schriftenreihe des BIFOA an der Universität zu Köln, Wiesbaden 1970, S. 199 - 220.

Miller, St.:

Realzeitbetrieb - Spezielle Anforderungen an die Software für die Steuerung, in: Cuttle, G., Robinson, P.B.: Aufbau von Betriebssystemen, München 1972. Titel der englischen Originalausgabe: Executive Programs and Operating Systems, Computer Monographs, Jg. 10 (1970), New York sowie London und Amsterdam. Übersetzt für die deutsche Ausgabe von D. Schornböck.

Millis, B.:

Der Zweck von Organisationsprogrammen, in: Cuttle, G., Robinson, P.B.: Aufbau von Betriebssystemen, München 1972. Titel der englischen Originalausgabe: Executive Programs and Operating Systems, Computer Monographs, Jg. 10 (1970), New York sowie London und Amsterdam. Übersetzt für die deutsche Ausgabe von D. Schornböck.

Weitere Aufgaben von Organisationsprogrammen, in: Cuttle, G., Robinson, P.B.: Aufbau von Betriebssystemen, München 1972. Titel der englischen Originalausgabe: Executive Programs and Operating Systems, Computer Monographs, Jg. 10 (1970), New York sowie London und Amsterdam. Übersetzt für die deutsche Ausgabe von D. Schornböck.

Mitthof, F.:

Numerisch gesteuerte Fertigung. 2. Aufl., Mainz 1973. Bd. 6 der Buchreihe Produktionstechnik heute, hrsg. von H.J. Warnecke.

Moll, H., Simon, W., Herold, H.H., Frenz, W.:

Rationalisierung der Einzel- und Kleinserienfertigung durch Einsatz numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen. Veröffentlichung der Arbeitsgemeinschaft für Rationalisierung des Landes Nordrhein-Westfalen, H. 68.

Moore, E.F., Shannon, C.E.:

Reliable Circuits Using Less Reliable Relays, in: Journal of the Franklin Institute 262 (1956), S. 191 - 208 und S. 281 - 297.

Morse, Ph.M.:

Queues, Inventories and Maintenance. 4. Aufl., New York 1963.

Müller, W.:

Die Analyse der Büroarbeit als Voraussetzung für die zweckmäßige Wahl und Verwertung von Büromaschinen. Diss., Darmstadt 1952.

Müller-Merbach, H.:

Die Bestimmung optimaler Losgrößen bei Mehrproduktfertigung. Diss., Darmstadt 1963.

Optimale Einkaufsmengen, in: Ablauf- und Planungsforschung, Jg. 4 (1963), H. 3, S. 226 - 237.

Optimale Losgrößen bei mehrstufiger Fertigung, in: Ablauf- und Planungsforschung, Jg. 4 (1963), H. 4, S. 264 - 274, nachgedruckt in: ZWF, Jg. 60 (1965), H. 3, S. 113 - 118.

Optimale Losgrößen in Einkaufs- und Fertigungsdisposition, in: ADL-Nachrichten, Jg. 10 (1965), H. 38, S. 626 - 654, und Jg. 11 (1966), H. 40, S. 10 - 33.

Neuere Ergebnisse des Operations Research (Erfahrungen mit neuen numerischen Methoden), in: Tagungsbericht vom III. Internationalen Kolloquium über Anwendungen der Mathematik in den Ingenieurwissenschaften (III. IKM) in Weimar 1965. Berlin 1966, S. 251 - 266.

Fertigungssteuerung mit optimalen Losgrößen, in: Fertigungsorganisation im Wandel (Methoden und Mittel heute und morgen), VDI-Berichte Nr. 101, Düsseldorf 1966, S. 59 - 67.

Operations Research, Berlin - Frankfurt/M. 1970.

Optimale Reihenfolgen. Berlin - Heidelberg - New York 1970.

Mullery, A.P., Driscoll, G.C.:

A Processor Allocation Method for Time-Sharing, in: Communications of the A.C.M., Jg. 13 (1970), H. 1, S. 10 - 14.

NCR (Hrsg.):

Data Processing News Letter, Dayton, Ohio 45409, 4. Februar 1966, Issue 1712.

Neander, J.:

Zur Frage des kostenoptimalen Programmierens,
in: Elektronische Datenverarbeitung, Jg. 10
(1968), H. 8, S. 407 - 409.

Nebel, C. (Hrsg.):

Statistische Qualitätskontrolle - Das Handbuch
der Western Electric Comp. für den Praktiker.
Autorisierte deutsche Übersetzung, Stuttgart
1969.

Neumann, J.v.:

Probabilistic Logics and the Synthesis of Re-
liable Organisms from Unreliable Components,
in: Automata Studies Nr. 34 (1956), S. 43 - 49,
Princeton University Press.

zur Nieden, M.:

Optimale Losgrößen in der Informationsverarbei-
tung - Stellungnahme zu dem gleichlautenden
Aufsatz von A. Schulz, in: ZfB, Jg. 39 (1969),
S. 531 - 532.

Maschinelle Datenverarbeitungssysteme in der
Unternehmung - Ziele, Elemente, Strukturen.
Bd. 11 der Schriftenreihe des BIFOA an der Uni-
versität zu Köln, Hrsg. E. Grochla, Wiesbaden
1971.

Niederberger, A.:

"Leistungsanalyse elektronischer Rechenanlagen".
Hamburg - Berlin 1963.

"Das betriebliche Informationssystem". Wiesba-
den 1967.

Nielsen, N.R.:

The Simulation of Time-Sharing Systems, in: Com-
munications of the A.C.M., Jg. 10 (1967), S. 397
- 412.

Nowak, P.:

Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, in: Handbuch
der Wirtschaftswissenschaften, Bd. 1: Betriebs-
wirtschaft, hrsg. von K. Hax und Th. Wessels,
2. Aufl., Köln - Opladen 1966, S. 701 - 726.

Olivier, G.:

Optimale Zeitzuteilung für wartende Rechenaufga-
ben, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 9
(1967), H. 5, S. 218 - 224.

Olivier, G.:

Optimale Zeitzeuteilung in Teilnehmerrechensystemen. Diss., T.H. Aachen 1972.

Kostenminimale Prioritäten in Wartesystemen vom Typ M/G/1, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 14 (1972), H. 6, S. 262 - 271.

Opitz, H.:

Fertigungsverfahren als Elastizitätsfaktor, enth. in: Deutsche Gesellschaft für Betriebswirtschaft, Dynamische Betriebsführung, Berlin 1959.

Produktionstechnik - morgen, in: RKW (Hrsg.): Produktivität und Rationalisierung - Chancen, Wege, Forderungen. Frankfurt/M. - Hamburg 1971, S. 192 - 196.

Moderne Produktionstechnik - Stand und Tendenzen. 3. Aufl., Essen 1971.

Opitz, H., Eversheim, W., Brankamp, K.:

Fertigungsorganisation, in: HWO, hrsg. von E. Grochla, Stuttgart 1969, Sp. 521 - 535.

Opitz, H., Groebler, J.:

Werkstattfertigung, in: HWO, hrsg. von E. Grochla, Stuttgart 1969, Sp. 1775 - 1781.

Oppelt, W.:

Kleines Handbuch technischer Regelvorgänge. 4. Aufl., Weinheim/Bergstraße 1964.

Osswald, B.:

Leistungsvermögensanalyse von Datenverarbeitungsanlagen - Ein methodologischer Überblick. Bd. 1 der Schriftenreihe Informatik und Operations Research, Darmstadt 1973.

Padegs, A.:

Betrachtung über den Aufbau der Kanäle - Teil IV von: Aufbau des Systems /360. Aus dem Englischen übersetzt und von der IBM herausgegeben 1965 als deutscher Sonderdruck von: IBM Systems Journal, Bd. 3 (1964), Nr. 2, S. 59 - 78.

Pärli u.a.:

Istaufnahme und automatisierte Datenverarbeitung. Bd. 15 der Schriftenreihe des BIFOA an der Universität zu Köln. Hrsg. E. Grochla, Wiesbaden 1972.

Pietzsch, J.:

Die Information in der industriellen Unternehmung - Grundzüge einer Organisationstheorie für elektronische Datenverarbeitung. Veröffentlichung der Schmalenbach-Gesellschaft, Bd. 35, Köln - Opladen 1964.

Piloty, R., Zschekel, H.:

Elektronisches Auskunftssystem über die Verfügbarkeit von Passagierplätzen im Luftverkehr, in: Elektronische Rechanlagen, Jg. 1 (1958), H. 1, S. 6 - 16.

Pocklekowski, W.:

Methoden der elektronischen Datenverarbeitung, in: Grundlagen der elektronischen Datenverarbeitung, hrsg. vom Ausschuß für wirtschaftliche Verwaltung AWV, AWV-Schriftenreihe Nr. 242, Frankfurt/M. 1964, S. 143 - 232.

Pohlert, Th.:

Datenbank für Presse und Rundfunk - Konzeption und Planung, in: IBM-Nachrichten, Jg. 22 (1972), H. 210, S. 109 - 113.

Raiser, B.:

Teilefamilienfertigung im Einzelmaschinen- und Apparatebau, in: Industrie-Anzeiger, Jg. 85 (1963), S. 730 - 735.

Rajchman, J.A.:

Magnetics for computers - a survey of the state of the art, in: RCA review, Jg. 20 (1959), s. 92.

Rasch, Ph.J.A.:

Queueing Theory Study of Round-Robin Scheduling of Time-Shared Computer Systems, in: Journal of the A.C.M., Jg. 17 (1970), S. 131 - 145.

REFA (Hrsg.):

Methodenlehre des Arbeitsstudiums.
Teil 1: Grundlagen. 2. Aufl., München 1972.
Teil 2: Datenermittlung. 2. Aufl., München 1972.
Teil 3: Kostenrechnung, Arbeitsgestaltung.
2. Aufl., München 1972.

Riebel, P.:

Die Elastizität des Betriebes - Eine produktions- und marktwirtschaftliche Untersuchung. Köln - Opladen 1954.

Ruberg, C.:

Begriff der Betriebskapazität und deren Messung in Handelsbetrieben, in: ZfB, Jg. 23 (1953), S. 465 - 482.

Ruggles, R.:

Die zentrale Datenbank - Möglichkeiten ihrer Arbeitsweise, in: IBM-Nachrichten, Jg. 20 (1970), H. 200, S. 101 - 103.

Rummel, K.:

Einheitliche Kostenrechnung auf der Grundlage einer vorausgesetzten Proportionalität der Kosten zu betrieblichen Größen. 3. Aufl., Düsseldorf 1949.

Saaty, T.L.:

Elements of Queueing Theory, With Applications. New York - Toronto - London 1961.

Samet, P.A.:

Software requirements of universities, in: The Computer Journal, Jg. 11 (1968), S. 236 - 240.

Schaafsma, A.H., Willemze, F.G.:

Moderne Qualitätskontrolle, Philips technische Bibliothek, 1961.

Schatzoff, M., Tsao, R., Wiig, R.:

An Experimental Comparison of Time Sharing and Batch Processing, in: Communications of the A.C.M., Jg. 10 (1967), S. 261 - 265.

Schenk, H.:

Die Betriebskennzahlen, Begriff, Ordnung und Bedeutung für die Betriebsbeurteilung. Leipzig 1939.

Scherr, A.L.:

An Analysis of Time-Shared Computer Systems. Research Monograph Nr. 36. The MIT Press, Cambridge, USA 1967.

Scheuing, E.:

Unternehmensführung mit Kennzahlen. Baden-Baden - Bad Homburg v.d.H. 1967.

Schindowski, E., Schürz, O.:

Statistische Qualitätskontrolle. Berlin 1965.

Schlüter, H.:

Zum Problem der optimalen Losgröße, in: ZfhF 1954.

Untersuchungen zum Problem der optimalen Losgröße. Diss., Frankfurt/M. 1958.

Schmalenbach, E.:

Pretiale Wirtschaftslenkung. Bd. 1, Bremen-Horn - Bielefeld - Frankfurt - Hamburg - Hannover - Kiel 1947.

Kostenrechnung und Preispolitik. 7. Aufl., Köln - Opladen 1956.

Schmitz, P.:

Programmiersprachen (Stichwort), in: HWO, hrsg. von E. Grochla, Stuttgart 1969, Sp. 1349 - 1358.

Schmolz, W.:

Auftrags- und Terminplanung (1. Aufl.). Schriftenreihe - Der Unternehmensberater Nr. 2019, Esslingen/N. 1963.

Auftrags- und Terminplanung (2. Aufl.). Schriftenreihe - Der Unternehmensberater Nr. 2019, Esslingen/N. 1970.

Schneeweiß, H.:

Zur Theorie der Warteschlangen, in: ZfhF, N.F., Jg. 12 (1960), S. 471 - 507.

Schneeweiß, W.:

Verfügbarkeit und mittlere Betriebsdauer redundanter Systeme bei zufälliger Wartung der Untersysteme, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 14 (1972), H. 6, S. 254 - 258.

Schneider, C.:

Datenverarbeitungs-Lexikon. Wiesbaden 1970.

Schnettler, A.:

Betriebsanalyse. 2. Aufl., Stuttgart 1960.

Betriebsvergleich. 3. Aufl., Stuttgart 1961.

Schott, G.:

Kennzahlen - Kompaß des Unternehmens. Stuttgart 1965.

Schrage, L.:

The Queue M/G/1 with Feedback to Lower Priority Queues, in: Management Science, Jg. 13 (1967), H. 7, S. 466 - 474.

A Proof of the Optimality of the Shortest Remaining Processing Time Discipline, in: Operations Research, Jg. 16 (1968), S. 687 - 690.

Schrage, L., Miller, L.:

The Queue M/G/1 with the Shortest Remaining Processing Time Discipline, in: Operations Research, Jg. 14 (1966), S. 670 - 684.

Schulz, A.:

Optimale Losgrößen in der Informationsverarbeitung, in: ZfB, Jg. 39 (1969), H. 5, S. 323 - 335.

Optimale Losgrößen in der Informationsverarbeitung - Schlußwort zur Stellungnahme von M. zur Nieden, in: ZfB, Jg. 39 (1969), S. 678 - 680.

Strukturanalyse der maschinellen betrieblichen Informationsbearbeitung. Berlin 1970.

Schulz-Mehrin, O.:

Betriebswirtschaftliche Kennzahlen als Mittel zur Betriebskontrolle und Betriebsführung. Berlin 1960.

Schwab, B.:

The Economics of Sharing Computers, in: Harvard Business Review, Jg. 46 (1968), Nr. 5, S. 61.

Schweiker, K.:

Grundlagen einer Theorie betrieblicher Datenverarbeitung. Bd. 2 der Schriftenreihe des BIFOA an der Universität zu Köln, hrsg. von E. Grochla, Wiesbaden 1966.

Datenverarbeitung (Stichwort), in: HWO, hrsg. von E. Grochla, Stuttgart 1969.

Schweitzer, M.:

Probleme der Ablauforganisation in Unternehmungen, in: E. Kosiol (Hrsg.): Betriebswirtschaftliche Forschungsergebnisse, Bd. 22, Berlin 1964.

Seibt, D.:

Organisation von Software-Systemen - Betriebswirtschaftlich organisatorische Analyse der Software-Entwicklung. Bd. 18 der Schriftenreihe des BIFOA der Universität zu Köln, hrsg. von E. Grochla, Wiesbaden 1972.

Seischab, H.:

Kalkulation und Preispolitik. Leipzig 1944.

SEL AG, Informatikwerk Stuttgart (Hrsg.):

Befehlsliste des elektronischen Rechenautomaten ER 56, Mai 1959, Schrift Nr. 1700/1 - 54321.

Semrad, H.:

Numerisch gesteuerte Maschinen. Berlin 1968.

Shemer, J.E.:

Some Mathematical Considerations of Time-Sharing Scheduling Algorithms, in: Journal of the A.C.M., Jg. 14 (1967), S. 262 - 272.

Simon, W.:

Rationelle Kleinserienfertigung mit numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen, in: Rationalisierung, Jg. 17 (1966), H. 3, S. 55 - 61.

NC-Maschinen und Betriebsorganisation, in: Simon (Hrsg.): Produktivitätsverbesserungen mit NC-Maschinen und Computern, München 1969, S. 21 - 42.

Die numerische Steuerung von Werkzeugmaschinen. 2. Aufl., München 1971.

Simon, W. (Hrsg.):

Produktivitätsverbesserungen mit NC-Maschinen und Computern - Investitionsentscheidungen im Rahmen der Beschaffung neuzeitlicher Fertigungsmittel. München 1969.

Solomon, M.B.:

Economics of Scale and the IBM System 360, in: Communications of the A.C.M., Jg. 9 (1966), Nr. 6, S. 435 - 440.

Sonnleitner, G.:

Leistungsvergleich elektronischer Datenverarbeitungsanlagen 1969/70. Als Manuskript gedruckt. Hrsg. P. Lohse, Informationsbüro für Datenverarbeitung, Ratingen 1970.

Speiser, A.:

Digitale Rechenanlagen - Grundlagen, Schaltungstechnik, Arbeitsweise, Betriebssicherheit. Berlin - Göttingen - Heidelberg 1961.

Spies, P.P.:

Teilnehmer-Rechensysteme, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 9 (1967), H. 3, S. 117 - 122.

Rechnerstruktur und Ablaufgeschehen in Rechenanlagen - Analysis und Simulation. Arbeitsberichte des Instituts für mathematische Maschinen und Datenverarbeitung, Bd. 2, Nr. 9, Erlangen 1969.

Staehle, W.H.:

Kennzahlen und Kennzahlensysteme als Mittel der Organisation und Führung von Unternehmen. Wiesbaden 1969.

Stefanic-Allmayer, K.:

Die günstigste Bestellmenge beim Einkauf, in: Sparwirtschaft 1927, S. 504 - 508.

Stein, K.U.:

Grenzen der Geschwindigkeit und Kapazität bei Magnetfilmspeichern, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 11 (1969), H. 2, S. 65 - 73.

Steinbuch, K.:

Automat und Mensch. 3. Aufl., Berlin - Heidelberg - New York 1965.

Die informierte Gesellschaft. Stuttgart 1966.

Steinmann, H.:

Rationalisierung in der Einzel- und wechselnden Kleinserienfertigung durch Zusammenfassung von Ähnlichkeitsteilen, in: Industrie-Anzeiger, Jg. 84 (1962), S. 1753 - 1758.

Stewart, H.V.M.:

Organisation des Reparatur- und Instandhaltungsbetriebes. München 1965.

Strachey, C.:

Time Sharing in Large Fast Computers, in: Information Processing, UNESCO, Paris 1959, S. 336 - 341.

Strauch, H.:

Statistische Güteüberwachung. München 1956.

Strobel, W.:

Simultane Losgrößenbestimmung bei stationären Modellen, in: ZfB, Jg. 34 (1964), S. 241 - 267.

Szyperski, N.:

Analyse der Merkmale und Formen der Büroarbeit, in: E. Kosiol (Hrsg.): Bürowirtschaftliche Forschung, Veröffentlichung des Instituts für Industrieforschung der Freien Universität Berlin, Bd. 13 (1961), S. 75 - 132.

Abgrenzung und Verknüpfung operationaler, dispositio-
naler und strategischer Wirtschaftlichkeitsstufen, in: Grochla, E. (Hrsg.): Die Wirtschaftlichkeit automatisierter Datenverarbeitungssysteme, Wiesbaden 1970. Bd. 8 der Schriftenreihe des BIFOA an der Universität zu Köln, S. 49 - 61.

Takacs, L.A.:

Single-Server Queue with Feedback, in: Bell Systems Techn. Journal, Jg. 42 (1963), H. 2, S. 505 - 519.

Teoste, R.:

Digital Circuit Redundancy. IEEE Transactions on Reliability, R-13 (1964), S. 42 - 61.

Thüring, B.:

Programmierung von Datenverarbeitungs-
maschinen, in: Grundlagen der elektronischen Datenverarbeitung, hrsg. vom Ausschuß für wirtschaftliche Verwaltung AWW, AWW-Schriftenreihe Nr. 242, Frankfurt/M. 1964, S. 233 - 310.

Einführung in die Methoden der Programmierung kaufmännischer und wissenschaftlicher Probleme für elektronische Rechenanlagen, I. Teil: Die Logik der Programmierung. 3. Aufl., Baden-Baden 1970.

Trechsel, F.:

Die Abhängigkeit der Kosten, in: Die Unternehmen, 1951.

Trux, W.E.:

Einkauf und Lagerdisposition mit Datenverarbeitung. München 1968.

Turban, E.:

The Use of Mathematical Models in Plant Maintenance Decision Making, in: Management Science, Jg. 13 (1967), S.B. - 342.

Uhlmann, W.:

Statistische Qualitätskontrolle. Stuttgart 1965.

Viel, J.: Betriebs- und Unternehmensanalyse. 2. Aufl., Köln - Opladen 1958.

Vodrazka, K.:

Betriebsvergleich. Stuttgart 1967.

Wahl, M.: Grundlagen eines Management-Informationssystems, Neuwied - Berlin 1969.

Walke, B., Küspert, H.-J.:

Teilnehmerrechensysteme: Mittlere Verweilzeiten bei optimaler Rechenzeituteilung, in: Elektronische Rechenanlagen, Jg. 13 (1971), H. 5, S. 193 - 199.

Walker, B.S.:

Einführung in die Computer-Technik. Berlin 1969. Aus dem Englischen Übertragen von H.-J. Töpfer. Titel der englischen Originalausgabe: Introduction to Computer-Engineering. London (o.J.).

Warwick, M.:

Einführung in die Grundlagen von Betriebssystemen, in: Cuttle, G., Robinson, P.B.: Aufbau von Betriebssystemen, München 1972. Titel der englischen Originalausgabe: Executive Programs and Operating Systems, Computer Monographs, Jg. 10 (1970), New York sowie London und Amsterdam. Übersetzt für die deutsche Ausgabe von D. Schornböck.

Wedekind, H.:

Datenorganisation. Berlin 1970.

Wegner, G.:

Systemanalyse und Sachmitteleinsatz. Bd. 6 der Schriftenreihe des BIFOA an der Universität zu Köln, Hrsg. E. Grochla, Wiesbaden 1969.

Wettstein, H.:

Elektronisches Rechnen, in: Kybernetik. Brücke zwischen den Wissenschaften, hrsg. von H. Frank, 3. Aufl., Frankfurt/M. 1964.

Wilcox, R.H., Mann, W.C. (Hrsg.):

Redundancy Techniques for Computing Systems. Spartan Books, Washington, D.C. 1962 (mit Bibliographie).

Wilkes, M.:

Time-Sharing-Betrieb bei digitalen Rechenanlagen. München 1970. Aus dem Englischen übersetzt von W. Bier. Titel der englischen Originalausgabe: Time-Sharing Computer Systems. London 1968.

Will, H.J.:

Datenbank-Systeme, in: ZfB, Jg. 41 (1971), H. 12, S. 815 - 844.

Winkelhage, F.:

Mechanisierung, in: HWO, hrsg. von E. Grochla, Stuttgart 1969, Sp. 985 - 990.

Wissenbach, H.:

Betriebliche Kennzahlen und ihre Bedeutung im Rahmen der Unternehmerentscheidung. Berlin 1967.

Wittmann, W.:

Information, in: HWO, hrsg. von E. Grochla, Stuttgart 1969, Sp. 699 - 707.

Unternehmung und unvollkommene Information. Unternehmerische Voraussicht, Ungewißheit und Planung. Köln - Opladen 1959.

Wöhe, G.: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 10. Aufl., Berlin - Frankfurt/M. 1970.

Wojda, F.:

Zeitwirtschaft und wirtschaftliche Teileauswahl für numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen - Grundlagen für den betrieblichen Verfahrensvergleich und die Investitionsrechnung. Bd. 16 der Schriftenreihe Arbeitswissenschaft und Praxis. Berlin - Köln - Frankfurt 1970.

Zeller, H.:

Methodische Qualitätssteuerung in der Fertigung, in: Zeitschrift für Feinwerktechnik, Jg. 70 (1966), S. 27 - 32.

Zschekel, H.:

Aufbau und Funktionen des INFORMATIK-Systems "Quelle", in: SEG-Nachrichten (Technische Mitteilungen der Standard Elektrik Gruppe), Jg. 5 (1957), H. 4, S. 177 - 182.

Zwicker, E.:

Personelle Organisation in der elektronischen Datenverarbeitung. Berlin 1967.

o.V.: Der Computer-Verriß, in: bit, Oktober 1972, S. 10 und 12.

o.V.: Die große Verschwendung, genannt EDV, in: adl-Nachrichten 76/72, S. 3.

o.V.: Fachbegriffe der Programmierungstechnik. Hrsg. vom Fachausschuß Programmieren der Gesellschaft für Angewandte Mathematik, München, H. Nr. 326.

Lebenslauf

Geboren am 24. Juni 1923 als türkischer Staatsangehöriger in Berlin. 1957 Erwerb der deutschen Staatsangehörigkeit.

Ab 1942 Studium der Elektrotechnik an der Technischen Hochschule Berlin. Diplomprüfung an der Technischen Hochschule Stuttgart 1953.

Ab 1955 Studium der Volkswirtschaftslehre an der Universität Tübingen. Diplomprüfung 1958.

1967 bis 1968 Studium der Volkswirtschaftslehre an der Universität Mainz. Dort am 12. Februar 1975 mündliche Doktorprüfung.

1951 bis 1968 tätig in einem Unternehmen der Fernmeldeindustrie. Ab 1969 tätig in einem Großunternehmen des Einzelhandels und ab 1971 in einem Unternehmen der chemischen Industrie.

